
DIPLOMARBEIT

Herr Ing.
Dollmann Marco

Sensibilitätsanalyse von Wind-
kraftanlagen in Bezug auf die
Gründung einer Energiegenos-
senschaft zur konzernunabhän-
gigen Energiegewinnung

Wien, 2013

DIPLOMARBEIT

Sensibilitätsanalyse von Windkraftanlagen in Bezug auf die Gründung einer Energiegenossenschaft zur konzernunabhängigen Energiegewinnung

Autor:

Herr Ing. Marco Dollmann

Studiengang:

Wirtschaftsingenieurwesen

Seminargruppe:

WIWN11

Erstprüfer:

Prof. Dr. rer. oec. Johannes N. Stelling

Zweitprüfer:

Prof. Mag. Erich Greistorfer

Einreichung:

Mittweida, Juli 2013

Verteidigung/Bewertung:

Neufeld a. d. Leitha, 2013

Diploma THESIS

Sensitivity analysis of wind turbines in relation to the establishment of the Energy Cooperative Group for independent energy

author:
Mr. Ing.

Dollmann Marco

course of studies:
Wirtschaftsingenieurwesen

seminar group:
WIWN11

first examiner:
Prof. Dr. rer. oec. Johannes N. Stelling

second examiner:
Prof. Mag. Erich Greistorfer

submission:
Mittweida, July 2013

defence/ evaluation:
Neufeld a. d. Leitha, 2013

Bibliografische Beschreibung:

Dollmann, Marco

Sensibilitätsanalyse von Windkraftanlagen in Bezug auf die Gründung einer Energiegenossenschaft zur konzernunabhängigen Energiegewinnung. 2013. Inhalt 76 Seiten, Anhänge 1Seite.

Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Wirtschaftswissenschaften, Diplomarbeit, 2013

Referat:

Beginnend mit der Geschichte der ersten Windkraftanlagen, gefolgt von den Bauarten und technischen Bauweisen sowie den derzeitigen Energiespeichern, beschäftigt sich diese Arbeit ebenso mit dem Thema der unabhängigen Energieversorgung durch Windkraftanlagen und den Möglichkeiten der Realisierung, durch die Gründung von Energiegenossenschaften. Ziel ist es, zu zeigen, ob eine von herkömmlichen Energielieferanten unabhängige Selbstversorgung der Privathaushalte einer kleinen Gemeinde, durch die Errichtung einer Windkraftanlage möglich, im besten Fall auch günstiger ist.

Inhalt

Bibliografische Beschreibung:	i
Inhalt	ii
Abkürzungsverzeichnis	v
Abbildungsverzeichnis	vi
1 Einleitung	7
1.1 Problemstellung	8
1.2 Ziel der Arbeit.....	9
1.3 Aufbau der Arbeit	9
2 Geschichtlicher Rückblick auf die Windenergienutzung.....	11
2.1 Die ersten Hinweise der Windnutzung	11
2.2 Der Verfall der Windmühlen	13
2.3 Die Entwicklung der Windkraftanlagen in Deutschland	14
2.4 Was versteht man unter dem dänischen Konzept.....	16
3 Die Windenergienutzung und der technische Aufbau von Windkraftanlagen ..	18
3.1 Das physikalische Prinzip der Windenergienutzung.....	18
3.2 Die gängigsten Rotorbauarten	20
3.2.1 Rotoren mit vertikaler Drehachse	20
3.2.2 Rotoren mit horizontaler Drehachse	21
3.3 Heutige Standardbauweise des mechanischen Triebstrangs	22
3.3.1 Der Generatorantrieb mit Übersetzungsgetriebe	23
3.3.2 Die zweite Standardbauweise	23
3.3.3 Was versteht man unter der Rotornabe?.....	24
3.3.4 Der Blattverstellmechanismus	26
3.4 Die Windrichtungsnachführung	28
4 Energiespeicher	30
4.1 Was sind Energiespeicher?	30
4.2 Arten von Energiespeichern und deren Einsatzgebiete.	30
4.2.1 Schwungradspeicher	31
4.2.2 Batterie- bzw. chemische Speicher	32
4.2.3 Die mögliche Zukunft in vielerlei Hinsicht, Wasserstofftechnologie ...	32
4.2.4 Der Einsatz von Druckluftspeichern.....	33
4.2.5 Pumpspeicherkraftwerke	34

4.2.6	Ringwallspeicher	35
5	Selbstversorgung einer kleinen Gemeinde mittels Windkraftanlagen	37
5.1	Einleitung	37
5.2	Energiebilanz am österreichischen Markt	37
5.3	Das Ökostromgesetz und die Verbraucherstruktur der österreichischen Haushalte	38
5.4	Die Phasen der Projektentwicklung.....	40
5.4.1	Aufstellungsorte mit hohem Potenzial	40
5.4.2	Technische Vorplanung und Informationsarbeit	42
5.4.3	Genehmigungsverfahren und gesetzlicher Rahmen.....	42
5.5	Kostenaufstellung der Windkraftanlage in Zistersdorf	45
5.5.1	Erforderliche Anlagengröße.....	45
5.5.2	Wirtschaftlichkeitsanalyse mit Finanzierungsbeispiel der Raiffeisenbank.....	46
5.5.3	Herkömmlicher Strom von Energielieferanten	48
5.5.4	Kostenvergleich WKA und herkömmlicher Energielieferant	48
6	Auswirkungen auf den Menschen und seine Umwelt.....	50
6.1	Einleitung	50
6.2	Geräuscentwicklungen von WKA.....	50
6.2.1	Kenngrößen und Immissionswerte	51
6.2.2	Die Geräuscentwicklung moderner Anlagen	53
6.3	Der Schattenwurf, wie WKA die Erde verdunkeln	55
6.4	Einfluss auf Funkanlagen und Fernsehempfang.....	57
6.5	Auswirkungen der WKA auf die Vogelwelt.....	59
6.5.1	Auswirkungen der WKA auf Vögel.....	59
6.5.2	Zusammenstoß von Vögel und WKA.....	60
7	Energiegenossenschaften und deren Projektfinanzierung	62
7.1	Einleitung	62
7.2	Gründung einer Genossenschaft	63
7.2.1	Geschichtlicher Rückblick des Genossenschaftswesens	63
7.2.2	Gründung einer Interessensgemeinschaft.....	65
7.2.3	Die Gründung einer eingetragenen Genossenschaft (eG)	66
7.3	Grundlagen der Projektfinanzierung und Risikomanagement	69
7.4	Versicherungsformen für Windkraftanlagen	72
8	Resümee der Arbeit	75
	Literatur	77
	Anlagen	81

Anlagen, Finanzierungsangebot Raiffeisen Bank.....	82
Eidesstattliche Erklärung.....	83

Abkürzungsverzeichnis

bzw.	beziehungsweise
ca.	zirka
ev.	eventuell
i.d.R.	in der Regel
IG	Interessensgruppe
Lt.	Laut
ROG	Raumordnungsgesetz
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfungsrecht
UA	Umweltauswirkungen
u.a.	unter anderem
WKA	Windkraftanlage

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vertikalmühlen	12
Abbildung 2: Antriebsart der Windmühlen.....	14
Abbildung 3: Windkraftanlagen der 300kW Klasse	15
Abbildung 4: Netzeinspeisende WKA mit Darstellung der Baugruppen	16
Abbildung 5: Massendurchsatz einer durchströmten Fläche F	18
Abbildung 6: Abgebremsste Stromlinien durch den Rotor einer Windturbine	19
Abbildung 7: Rotoren mit Vertikaler Drehachse	20
Abbildung 8: Sonderbauformen von Rotoren mit horizontaler Drehachse	22
Abbildung 9: Maschinenhaus General Electric GE 1,5 sl in Standardbauweise .	23
Abbildung 10: Enercon E-40, elektr. Generator mit Direktantrieb vom Rotor	24
Abbildung 11: Gegossene Rotornabe einer Nordex N-80 WKA, Gewicht 15 t....	25
Abbildung 12: Windrichtungsnachführung mittels Wälzlagerung u. Stellantrieb .	28
Abbildung 13: Verstellsystem mit Azimut-Gleitlagerung NEG Micon NM52	29
Abbildung 14: Schwungrad-Kurzzeitspeicher von Enercon	31
Abbildung 15: Druckluftkavernenspeicher in Kombination mit einer WKA	34
Abbildung 16: Ringwallspeicher für das „flache Land“	35
Abbildung 17: Ausbau der Windkraft in Österreich	38
Abbildung 18: Windgeschwindigkeiten 50m über Grund.....	41
Abbildung 19: Zistersdorf in Niederösterreich.	41
Abbildung 20: Ablaufschema Genehmigungsverfahren in Österreich.....	44
Abbildung 21: Stromerzeugungskosten	47
Abbildung 22: Gegenüberstellung der Stromkosten pro Einwohner.....	49
Abbildung 23: Vergleich des Schalleistungspegels von WKA.	54
Abbildung 24: Abnahme des Schalleistungspegel zum Entstehungsort.....	54
Abbildung 25: Ergebnis einer Schattenwurfsimulation	56
Abbildung 26: Störeinflüsse der WKA auf Fernsehsignale.....	58
Abbildung 27: Opferraten der Vögel durch WKA pro Jahr pro Turbine	61
Abbildung 28: Vergleich Genossenschaft mit anderen Rechtsformen	64
Abbildung 29: Beteiligte einer Projektfinanzierung.....	69
Abbildung 30: Vorteile der jeweiligen Kapitalgeber	70

1 Einleitung

Die vielseitigen und technisch wichtigen Fortschritte der Windenergienutzung waren rückblickend in keinem Jahrhundert größer als die im 20. Jahrhundert. Deshalb überrascht es umso mehr, dass gerade die Nutzung dieser erneuerbaren Energie im eben genannten Zeitalter so geringe Aufmerksamkeit geschenkt wird. So wurde z.B. die Windmühle, Vorreiter der heutigen Windkraftanlagen, über Hunderte von Jahren kaum weiterentwickelt.

Maßgeblich verantwortlich für den technisch und wirtschaftlichen Fortschritt im 20. Jahrhundert waren das Zusammenspiel mehrerer Faktoren: Konstruktion und Simulation mittels moderner Computer und CAD-Programmen, die Erkenntnisse in der Aerodynamik, der Kunststofftechnologie sowie der moderne Maschinenbau. Wurden bis zum 20. Jahrhundert, also vor den eben genannten Fortschritten, herkömmliche Windmühlen hauptsächlich zum Mahlen von Getreide eingesetzt, fanden die neuen Windkraftanlagen mit ihren Windmotoren schnell neue Einsatzmöglichkeiten, sei es in der Landwirtschaft und deren Geräten oder als Antrieb für Pumpen dank der Erzeugung von elektrischem Strom. Von einer reinen Erfolgsgeschichte kann dennoch nicht die Rede sein, zwar bleibt der technische Erfolg der Windkraftanlagen unangefochten, der wirtschaftliche Misserfolg vieler in diesem Jahrhundert errichteten Anlagen war leider ebenso real. Grund dafür war unter anderem der ständige Konkurrenzdruck der Hersteller für Windkraftanlagen und der für Dampfmaschinen und Verbrennungsmotoren.

Rückblickend auf die letzten zwei Jahrzehnte, wurde ein Teil der Öffentlichkeit immer aufmerksamer auf diese Art der Energiegewinnung, unverständlich daher die Haltung bestimmter Vertreter der Energiewirtschaft sowie der Politiker, welche sich kaum für diese Technologie stark gemacht haben. Hier stellt sich die Frage, ob die Befürworter der Windenergienutzung nicht genug wirtschaftliches Hintergrundwissen besaßen oder die Energielobby eigene Ziele verfolgte und den Ausbau deshalb nicht vorantrieb.¹

Warum dauerte es so lange, bis die Genialität dieser Energienutzung erkannt wurde? Lag es an den Herstellungskosten oder war es nicht wirtschaftlich genug? Konnte die benötigte Energie nicht rasch genug bereitgestellt werden? War man sich nicht bewusst, wo und wie man den Wind als Quelle richtig nutzte, vor allem im Hinblick auf die Standortwahl der Windkraftanlagen?

¹ Vgl. Heymann, 1995, S.12.

Alle diese Fragen werden behandelt, speziell jedoch wird hier auf den Kostenvergleich herkömmlicher Stromanbieter und den Bau einer eigenen Windkraftanlage eingegangen und im weiteren Verlauf die vielseitigen Möglichkeiten einer Energiegenossenschaft thematisiert.

Fakt ist, dass die natürlichen Ressourcen der Erde zur Neige gehen und ein Umdenken in den Köpfen der Politiker und der Energielobby stattfinden muss. Saubere, unendlich verfügbare Energie muss genutzt werden, sie ist unsere Zukunft, die Kosten für die Erforschung und Ausbau der Nutzung ist nicht annähernd so hoch wie der Preis, den wir alle zahlen, wenn wir weiter den Kopf in den Sand stecken.

1.1 Problemstellung

Die Nutzung und Herstellung erneuerbarer Energien wie der Windkraft, welche in dieser Arbeit behandelt wird, ist nicht nur seit Jahrhunderten möglich, sondern auch ein Hoffnungsträger für eine saubere Zukunft. Doch woran scheitert es, die Technologie flächendeckend einzusetzen, damit die Abhängigkeit der konventionellen Energiebereitstellung ein Ende nimmt.

Es ist mittlerweile beinahe ein Leichtes, Energie durch Windkraftanlagen zu erzeugen, doch die Schwierigkeit liegt nicht bei der Erzeugung selbst, sondern an mehreren Faktoren. Bekannt ist, dass uns der Wind nicht in allen Teilen der Erde und speziell in Europa nicht vierundzwanzig Stunden zur Verfügung. Gibt es dann doch Gebiete zur Aufstellung einer WKA, so muss anhand verschiedener Tests und Simulation der denkbar günstigste Standort ausgewählt werden. Dieser muss oder sollte sich in nächster Nähe zu bestehenden Stromnetzen befinden und muss, wenn sich Häuser oder Wohngebiete in der Nähe befinden, den Gesetzen und Vorschriften der jeweiligen Bundesländer entsprechen.

Derzeit ist eine ausschließliche Versorgung durch diese erneuerbare Energie im großen Stil nicht möglich und daher wird nur ein geringer Energieanteil der WKA, wenn es die Natur zulässt, unterstützend eingespeist. Kleinere Gemeinden und privaten Energiegenossenschaften haben jedoch das Potenzial erkannt und können es für sich selbst nutzen. Ob es wirtschaftlich genug ist oder nur das eigene Gewissen befriedigt wird, in dem man sich vor Augen hält, saubere und erneuerbare Energie zu nutzen, werden die weiteren Kapitel zeigen.

Eine logische Schlussfolgerung wäre es daher, die erzeugte Energie, zu welchem Zeitpunkt das auch immer möglich ist, zu speichern und bei Bedarf bereitzustellen. Es gibt zwar einige Varianten zur Energiespeicherung, die alle ihre Vor- und Nachteile haben, in den folgenden Kapiteln wird sich jedoch zeigen, woran es in den meisten Fällen scheitert.

1.2 Ziel der Arbeit

„Wenn Politiker und Energiemonopolisten uns vorgaukeln, es gebe keine Alternative zum heutigen Energiemix, dann sagen sie die Unwahrheit und propagieren in Wahrheit das Ende der Menschheit.“²

[Franz Alt (Deutschland 1938), Politikwissenschaftler, Journalist, Autor.]

Ziel dieser Arbeit ist es zu zeigen, ob der Bau einer eigenen WKA bzw. eines kleinen Windparks für eine Gemeinde, bezogen auf deren Haushalte, sinnvoll ist oder nicht, und es soll ermittelt werden, ob es, über einen längeren Zeitraum betrachtet, vielleicht sogar günstiger ist, Energie selbst zu produzieren.

Es soll Aufschluss darüber geben, welche Verfahren es derzeit zur Energiespeicherung gibt, und wie wichtig der Ausbau dieser Technologie für eine flächendeckende Versorgung durch WKA ist.

Das Hauptaugenmerk dieser Arbeit beschäftigt sich jedoch mit der richtigen Standortwahl, deren Genehmigungsverfahren, den Kostenvergleich und vor allem mit der Gründung einer Energiegenossenschaft.

1.3 Aufbau der Arbeit

Kapitel 1 bis 3

In diesen Kapiteln werden grundlegende Fakten zum Thema Windkraft genannt, welche eine Einführung in diese Thematik geben sollen. Dieser Abschnitt befasst sich daher mit der geschichtlichen Entwicklung, der Funktion und dem technischen Aufbau der WKA.

Kapitel 4

Dieses Kapitel widmet sich allein der Problematik der Energiespeicherung moderner WKA, den daraus resultierenden Schwierigkeiten der Netzeinspeisung und den Zielen dieser Arbeit, welche Aufschluss geben sollen, welche Möglichkeiten uns heute und in Zukunft zu Verfügung stehen.

² Zitat entnommen am 16.03.2013 um 10:43 Uhr, <http://www.zitate.eu/de/autor/48/franz-alt>

Kapitel 5 bis 6

Hier wird anhand einer kleinen Gemeinde gezeigt, ob eine Eigenversorgung durch den Bau einer WKA wirtschaftlich sinnvoll ist, und wie dieses Vorhaben finanziert werden kann.

Des weiteren werden die bürokratischen Hürden und Genehmigungsverfahren, welche für die Aufstellung von Windkraftanlagen nötig sind, und auch die richtige Standortwahl sowie das Umweltverhalten also die Auswirkung unseres Hoffnungsträgers auf Natur und Mensch, thematisiert.

Kapitel 7

Dieses Kapitel widmet sich ganz dem Thema der Energiekommunen, auch Energiegenossenschaften genannt. Hier wird alles, was zur Gründung einer solchen Gemeinschaft nötig ist, beschrieben. Angefangen mit den verschiedenen Gründungsverfahren und Formen einer Genossenschaft über die Projektfinanzierung und Risikomanagement bis hin zu den verschiedenen Versicherungen, die bei solchen Projekten benötigt werden.

Kapitel 8

Resümee, Zusammenfassung und Analyse aller Daten und Recherchen zum Thema Windkraft.

2 Geschichtlicher Rückblick auf die Windenergienutzung

2.1 Die ersten Hinweise der Windnutzung

Bereits in der Antike wären die Menschen in der Lage gewesen, Windmühlen zu errichten. Der Nutzen allerdings wurde, wie es scheint, nicht ganz verstanden, da man um 800 n. Christus in einem arabischen Buch die Abbildung eines Windrades mit 16 Schaufeln nachschlagen und dieses Wissen in die Tat hätte umsetzen können. Verwendung hätte es mit Sicherheit gefunden, zum einen in der Landwirtschaft zum Mahlen von Getreide oder um die Wasserversorgung zu automatisieren. Wenn nicht in Form von Windmühlen, so nutzte man den Wind damals schon als Antrieb in der Schifffahrt mittels Segel.

Erste Hinweise auf die Nutzung von Windrädern findet man in der historisch-geographischen Enzyklopädie des arabischen Historikers al-Mas`i, geschrieben wurde dies im Jahre 945 nach Chr. Schenkt man diesen Aufzeichnungen Glauben, so waren im Grenzgebiet Seistan zwischen Afghanistan und Persien die ersten Windräder in Verwendung. Die erste anschauliche Darstellung wurde von al-Dimashqi im Jahre 1271 überliefert. Die Bauart, eine Horizontalmühle (Achse vertikal, Flügel horizontal ausgerichtet), war so genial wie einfach. Systeme wie die Windnachführung oder Sturmabschaltung waren in diesem Gebiet nicht nötig, die Funktion jedoch voll gegeben. Nachbauten, die in Europa zum Einsatz kamen, waren jedoch nicht annähernd so effektiv.

Grund dafür war die in Europa oft auftretende Änderung der Windrichtung und der Windstärke, dieses Problem war in Seistan nicht gegeben. Deshalb wurden hier die Mühlen anders konstruiert, bedacht wurde hier die sich ständig ändernde Windrichtung und der Aufbau, sich automatisch in den Wind zu drehen, sowie die Anpassung der Windmühlen auf die unterschiedlichen Windstärken. Kamen in Asien Horizontalmühlen zum Einsatz, waren es in Europa Vertikalmühlen (Achse horizontal, Flügel vertikal ausgerichtet) ähnlich der Bockwindmühle.³

³ Vgl. Tacke, 2004, S. 10.

Nachfolgend einige Typen von Windmühlen, welche in Europa zum Einsatz kamen und wie oben beschrieben, sich nach der Windstärke und Windrichtung ausrichten konnten.

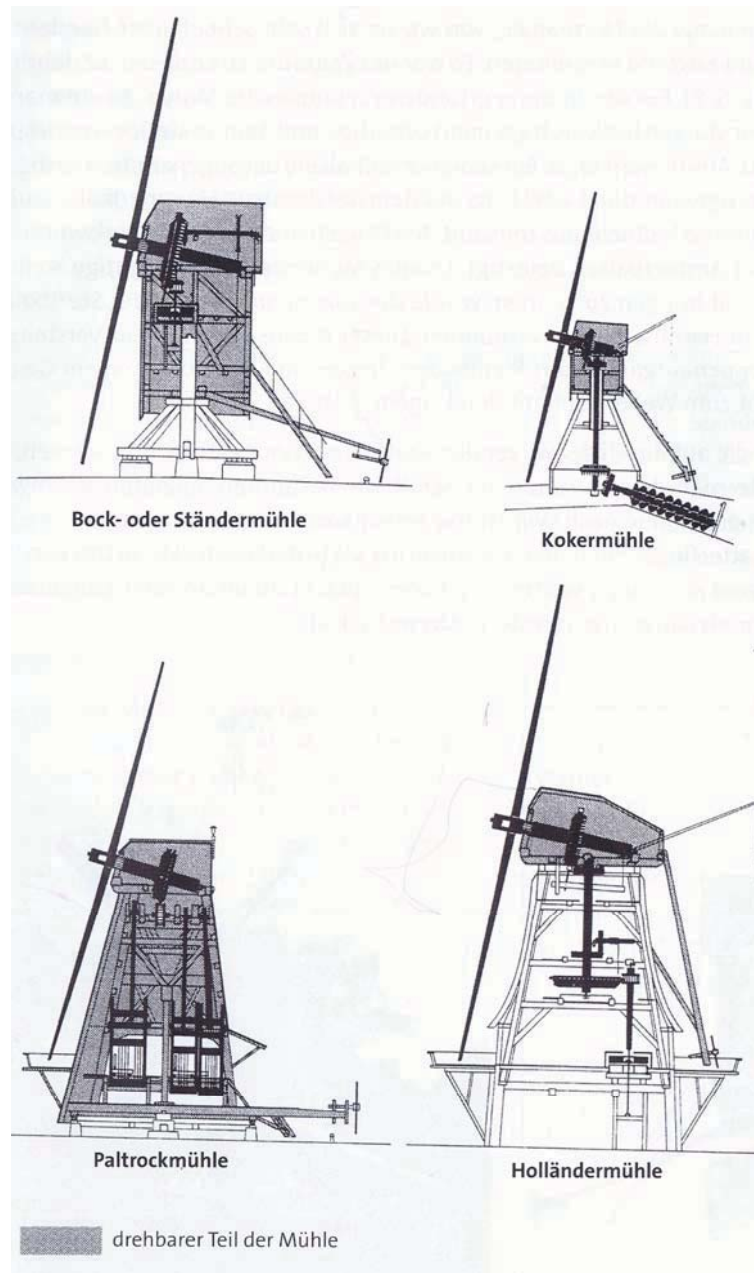


Abbildung 1: Vertikalmühlen

Quelle: Tacke, 2004, S. 11.

2.2 Der Verfall der Windmühlen

Als zu Beginn des 19. Jahrhunderts der Mühlenbann aufgehoben wurde und zeitgleich die Gewerbefreiheit erlassen wurde, entstand zum ersten Mal nicht nur ein echter Wettbewerb unter den Mühlenbetreibern, auch das Potenzial und die Menge der Getreidemühlen erfuhr einen Anstieg.

Lt. einer Statistik des Deutschen Reichs waren 1882 Windmühlen zu 98,3% zur Herstellung in der Mülerei im Einsatz. Seit der Gründung des Deutschen Reichs im Jahre 1871 erlangte die Industrialisierung dank der großen Anzahl von Dampfmaschinen einen großen Aufschwung.⁴

Zu dieser Zeit konnte man sich nicht vorstellen, dass der Verfall der Windmühlen schon bald beginnen würde. Erste Anzeichen waren jedoch der Wettbewerb und der Einsatz der Dampfmaschine. Der endgültige Niedergang begann mit der Nutzung von Elektrizität zur Jahrhundertwende. Gerade in der Landwirtschaft waren die daraus resultierenden Vorteile bei Arbeitsleistung und Transport nicht mehr wegzudenken. Aber auch die Elektrizitätsunternehmen haben Anteil am Verfall der Windmühlen speziell durch den Ausbau der Stromnetze in den ländlichen Gegenden und den Subventionen für Verbraucher am Land, jedoch zum Nachteil der Verbraucher in Städten. Hintergedanke war natürlich ein höherer Absatz.⁵

Nachfolgende Abbildung soll veranschaulichen, in welchem Verhältnis sich der Antrieb der Windmühlen in den Jahren 1882 bis 1925 lt. Statistik des Deutschen Reichs stückzahlenmäßig verändert hat. Klar ersichtlich ist hier der rasante Anstieg von Elektromotoren.

⁴ Vgl. Tacke, 2004, S. 25.

⁵ Ebenda, S. 27.

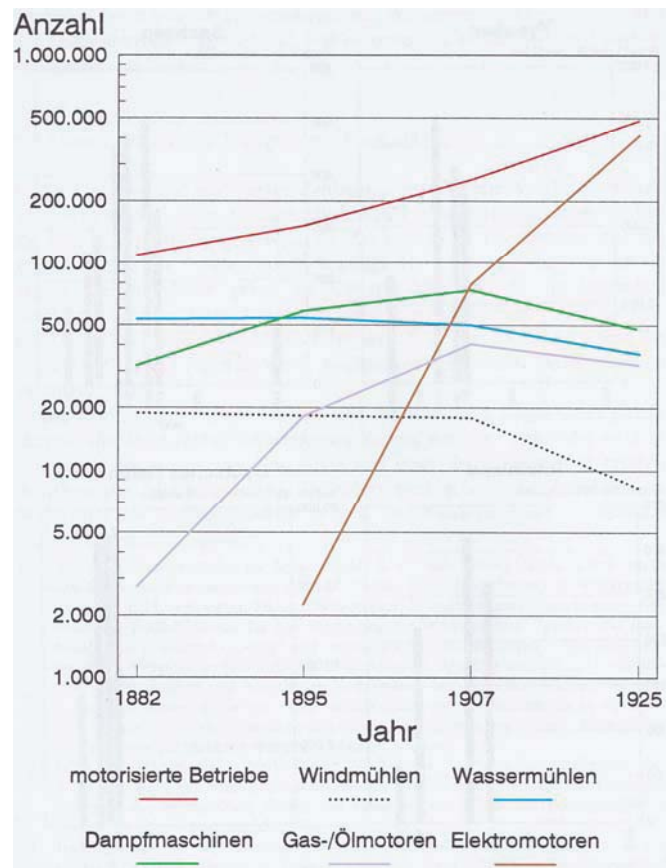


Abbildung 2: Antriebsart der Windmühlen

Quelle: Heymann, 1995, S. 26.

2.3 Die Entwicklung der Windkraftanlagen in Deutschland

Die mittelständische Windenergiebranche geriet aufgrund der eingleisigen Förderung von Forschungs-Großanlagen in einen beträchtlichen Rückstand gegenüber dem globalen Wettbewerb. Dieser war nicht nur technisch, sondern auch wirtschaftlich spürbar. Nicht unbedingt besser wurde es, als Anfang der 90er Jahre die Förderung kam, auf die die mittelständische Branche solange wartete. (1989 entstand das 100MW-Programm, später, und zwar 1990, wurde es auf 250MW erweitert).

Grund dafür war, dass nicht viele Hersteller auf die Marktwünsche eingehen konnten und so die Leistungsklasse der Anlagen von 150kW ansteigend nicht liefern konnten.⁶

⁶ Vgl. Gasch, 1996, S. 46.

Nachfolgend nun einige Firmen inklusive deren Windkraftanlagen aus dieser Zeit. Folgend dem dänischen Konzept, brachte die nordfriesische Husumer Schiffswerft die HSW 250 auf den Markt, siehe Abb.3, Bild 1. (Auf das dänische Konzept wird etwas später noch genauer eingegangen). Die Firma Enercon aus Ostfriesland jedoch entgegnete mit einem ganz anderem Konzept, drehzahlvariabler Betrieb und Leistungsregelung durch Blattwinkerverstellung, Resultat die Enercon-32 mit 300kW, (siehe Abb.3, Bild 2). Mit weitaus mehr Leistung fand die Fa. Taake ihre Position auf dem Markt, sie war kurze Zeit der einzige Anbieter mit einem Rotordurchmesser von 43m, erst etwas später kam ein Konkurrenzprodukt mit ebenfalls 300kW, die TW 300 auf den Markt (Siehe Abb.3, Bild 3).⁷

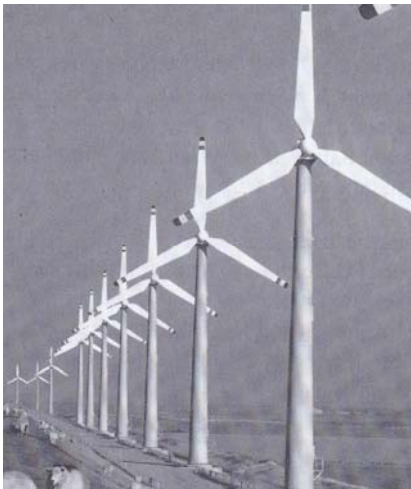


Bild 1



Bild 2

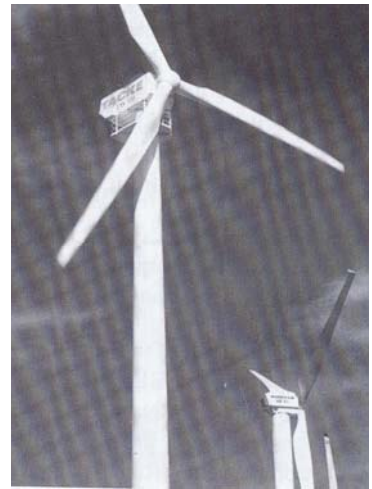


Bild 3

Abbildung 3: Windkraftanlagen der 300kW Klasse

Quelle: Gasch, 1996, S. 47.

⁷ Vgl. Gasch, 1996, S. 46.

2.4 Was versteht man unter dem dänischen Konzept

Ein wichtiger Begriff unter den Entwicklern der Windkraftanlagen ist das dänische Konzept. Beschrieben wird ein Konstruktionsprinzip, welches sehr robust, einfach und gleichermaßen zuverlässig ist. Dieses Konzept war der Vorreiter für die erste erfolgreiche Generation der Windkraftanlagen.⁸ Entwickelt wurde es in Dänemark in den 1950er Jahren von Johannes Juul. Die erste Windkraftanlage, welche nach diesem Konzept erbaut wurde, entstand in den Jahren 1956/1957 an der süddänischen Küste von Gedser. Der Asynchrongenerator hatte eine Nennleistung von 200kW und der Rotor einen Flügeldurchmesser von 24m.⁹

Umgesetzt wird das dänische Konzept durch Horizontalachswindturbinen mit drei an der Nabe starr befestigten Rotorblättern. Die Anordnung zum Turm ist dem Wind zugewandt. Ist die Drehzahl im Betrieb konstant, so treiben diese einen netzgekoppelten Asynchrongenerator an. Die Standardkomponenten eines Triebstrangs gliedern sich wie folgt (Getriebe, Bremse, Kupplungen, Generator) und sind linear auf einem Maschinenträger angeordnet (siehe Abb. 4).

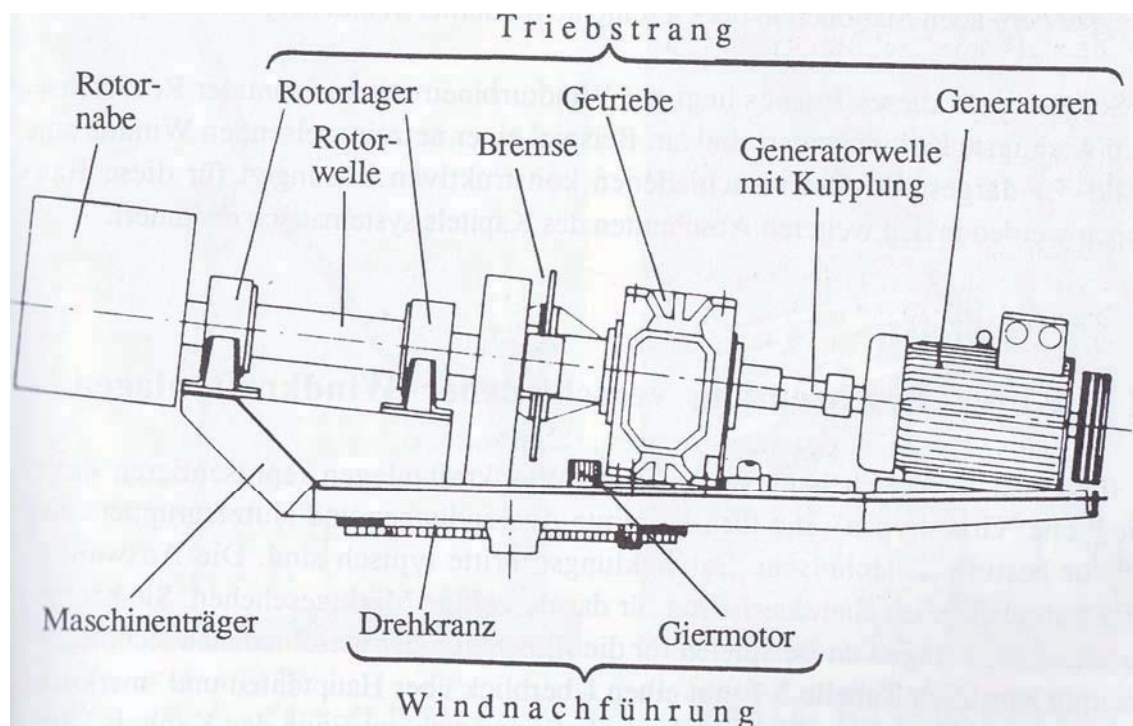


Abbildung 4: Netzeinspeisende WKA mit Darstellung der Baugruppen

Quelle: Gasch, 1996, S. 33.

⁸ Vgl. Gasch, 1996, S. 44.

⁹ Vgl. Heymann, 1995, S. 315.

Die Windnachführung bei diesem Konzept wird durch einen Giermotor sichergestellt, die Leistungsbegrenzung durch Strömungsabriss und die Sturmsicherung erfolgt mittels mechanischer und aerodynamischer Bremse. Heraus kristallisiert hat sich beim dänischen Konzept ein Standardtyp von Windturbinen, dessen Rotorblätter 15-17m aufweisen und eine Leistung von ca. 55 kW haben. Hersteller verkauften diese Typen tausende Male, Hauptabnehmer waren große kalifornische Windparks. Möglich war das in den USA durch steuerlich und administrativ günstige Rahmenbedingungen, welche einen großen Markt erlaubten. Ein typischer Vertreter dieser Windkraftanlagen und damals dänischer Marktführer war VESTAS.¹⁰

¹⁰ Vgl. Gasch, 1996, S.44.

3 Die Windenergienutzung und der technische Aufbau von Windkraftanlagen

3.1 Das physikalische Prinzip der Windenergienutzung

Was versteht man nun unter der Windleistung: Sie ist die Leistung, die im Wind steckt und mit der Geschwindigkeit v die Fläche F durchströmt:

$$P_{\text{Wind}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot F \cdot v^3$$

Die Windleistung ist proportional der Luftdichte ρ der durchströmten Fläche F zur dritten Potenz der Geschwindigkeit v . Verständlicher wird die dritte Potenz der Windgeschwindigkeit, in dem man sich die im Wind enthaltene Leistung P_{Wind} als kinetische Energie:

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

der Luftmasse vorstellt, welche in einer bestimmten Zeit die Fläche F durchströmt.

Für die Leistung ergibt sich daher (Energie pro Zeiteinheit), da der Luftdurchsatz selbst noch proportional der Geschwindigkeit ist¹¹ (Siehe Abb. 5).

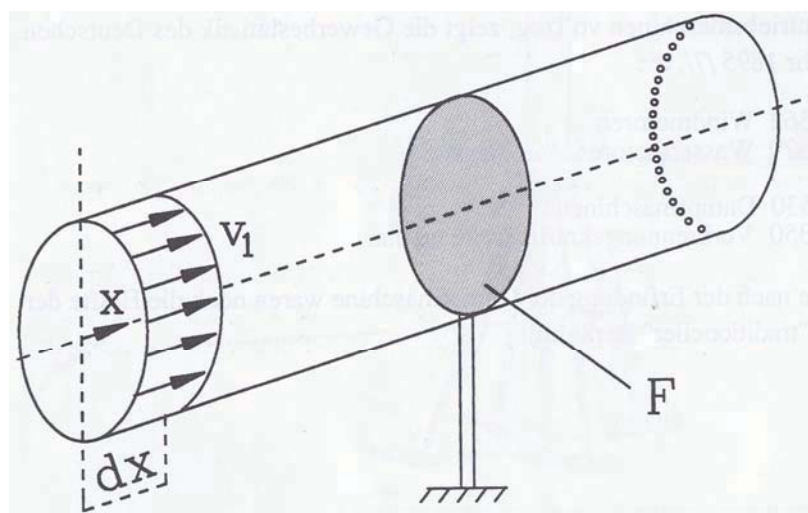


Abbildung 5: Massendurchsatz einer durchströmten Fläche F

Quelle: Gasch, 1996, S. 22.

¹¹ Vgl. Gasch, 1996, S. 22.

Durch Abbremsung der Luftmassen wird die Leistung des Windes in die mechanische Energie des Windrotors umgewandelt. Vollständig kann die Leistung natürlich nicht dem Wind entzogen werden, da dies bedeuten würde, die Luftmassen in der durchströmten Fläche F vollends abzubremesen. Die Folge wäre eine nicht durchdringbare Querschnittfläche für nachfolgende Luftmassen. Um nun dem Wind Leistung zu entziehen, hilft es auch nicht, die Durchströmung der Fläche F gleich Null zu setzen, da dies ebenfalls nicht zielführend wäre. Vielmehr ist ein Grad zu finden, welcher zwischen beiden dieser Möglichkeiten liegt.¹²

Beschäftigt man sich mit der Betzschen Theorie, so sieht man, dass Betz und Glauert im Jahr 1926 folgendes herausfanden. Die Energieausbeute bei freifahrenden (unummantelten) Windturbinen ist dann am höchsten, wenn die ursprüngliche Windgeschwindigkeit v_1 auf $v_3 = 1/3 * v_1$ weit hinter dem Rad abgebremst wird. In der Radebene herrscht dann die Geschwindigkeit $v_2 = 2/3 * v_1$ (grafische Darstellung dieser These¹³, siehe Abb. 6).

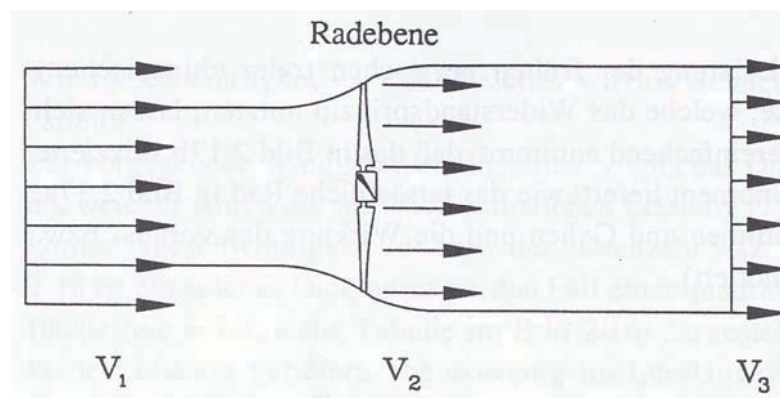


Abbildung 6: Abgebremsste Stromlinien durch den Rotor einer Windturbine

Quelle: Gasch, 1996, S. 23.

Im theoretischen Fall ergibt sich eine Leistungsentnahme von:

$$P_{\text{Betz}} = \frac{1}{2} * \rho * F * v^3 * c_{p,\text{Betz}}$$

wobei der Leistungsbeiwert $c_{p,\text{Betz}} = 16/27 = 0.59$ ist. Geht man nun vom günstigsten Fall aus, in der die Leistungsentnahme verlustfrei ist, so kann man 59% der Windleistung nutzen.

In der Praxis sind diese Beiwerte jedoch geringer, bei widerstandsnutzenden Anlagen liegt der Wert bei $c_p = 0,2$ und bei auftriebsnutzenden Anlagen mit guten Flügelprofilen bis zu $c_p = 0,5$.

¹² Vgl. Gasch, 1996, S. 22.

¹³ Vgl. Ebenda

3.2 Die gängigsten Rotorbauarten

3.2.1 Rotoren mit vertikaler Drehachse

Diese Variante ist, geschichtlich gesehen, wohl die älteste Bauform und wurde zu Beginn nur als Widerstandsläufer eingesetzt. Als Beispiel können hier die etwa 1000 n.Chr. bekannt gewordenen chinesischen Widerstandsläufer mit geflochtenen Matten als Segel genannt werden.¹⁴ Eine etwas jüngere Konstruktion wäre der Savonius Rotor von 1924 (siehe Abb. 7). Dieser wird auch heute noch eingesetzt und ist zum Beispiel als Lüfterrad auf Eisenbahnwaggons oder Lieferfahrzeugen sowie als Schalenkreuz für Windgeschwindigkeitsgeräte in Verwendung. Wenige Jahre später entwickelte der Franzose Darrieus eine Bauform, welche den aerodynamischen Auftrieb effektiv umsetzen konnte und deshalb auch heute noch als Konzeption für moderne WKA im Einsatz ist. Eine weitere Variante, welche eher eine Abwandlung des Darrieus Rotor ist und somit nicht als neue Bauform gilt, wäre der H-Rotor.¹⁵ Ebenso sind Bezeichnungen wie H-Darrieusturbinen gebräuchlich, wie man sie auch nennt. Vom technischen Standpunkt betrachtet, ist dieser Vertikalachsenrotor getriebeles ausgeführt und deren Ringgenerator, je nach Ausführung, am Boden oder im Anlagenkopf untergebracht. Da jedoch kein wirtschaftlicher Erfolg in Aussicht war, wurde die Produktion eingestellt, die Zukunft gehörte unbestritten den Rotoren mit horizontaler Achse.¹⁶

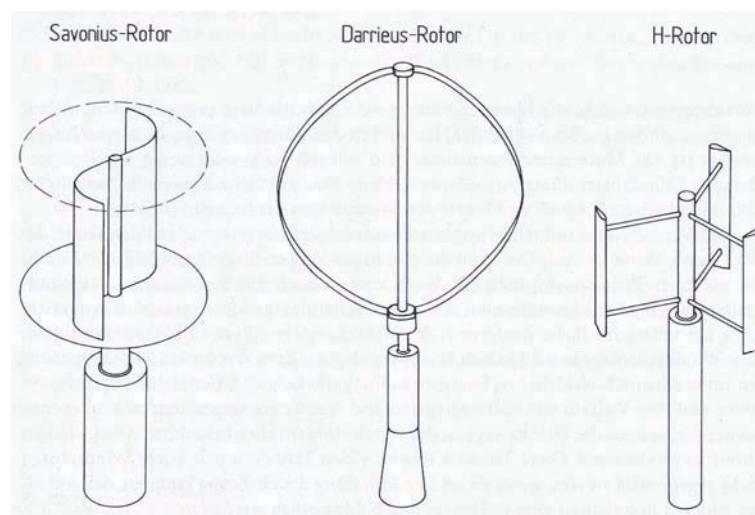


Abbildung 7: Rotoren mit Vertikaler Drehachse

Quelle: Hau, 2008, S. 66.

¹⁴ Vgl. Gasch, 1996, S. 10.

¹⁵ Vgl. Hau, 2008, S. 68.

¹⁶ Vgl. Heier, 1996, S. 12.

3.2.2 Rotoren mit horizontaler Drehachse

Die wohl älteste Bauform, im 12. Jahrhundert in einem Gebetbuch entdeckt, ist wohl die Bockwindmühle. Eingesetzt als Antriebsmaschine, ebnete sie sich ihren Weg von England und Frankreich über Holland, Deutschland (13. Jh.) und sogar bis Polen und Russland (14. Jh.).¹⁷ Was jedoch bis heute gleich geblieben ist, ist die Tatsache, dass die Rotoren ausschließlich in Propellerbauart gebaut werden und diese Bauart den Markt beherrscht. Als Grund für diese Monopolstellung können folgende Fakten genannt werden:¹⁸

- Durch Verstellen der Rotorblätter um die Längsachse lässt sich beim Propellertyp dank Blatteinstellwinkelregelung die Rotordrehzahl und Leistungsabgabe regeln. Diese dient ebenso als Schutzeinrichtung, aber dazu später etwas ausführlicher.
- Optimale Auslegung der aerodynamischen Form der Rotorblätter und in Folge dessen maximal zu erreichender Wirkungsgrad.

Windenergie-Konzentratoren

Der Vollständigkeit halber, auch wenn diese nur experimentell erprobten Windkraftanlagen vermutlich niemals einen praktischen Einsatz in der Wirtschaft haben werden, seien diese Sonderbauformen erwähnt. Sie dienen als Denkanstoß, die Leistungsausbeute, bezogen auf die Rotorkreisfläche, zu vergrößern. Ziel soll sein, den Rotor stark zu verkleinern, wobei die erzeugte Windenergie gleich oder sogar maximiert werden soll. Nachfolgende Abbildung gibt einen Überblick dieser Sonderbauformen.

¹⁷ Vgl. Gasch, 1996, S. 12.

¹⁸ Vgl. Hau, 2008, S. 69.

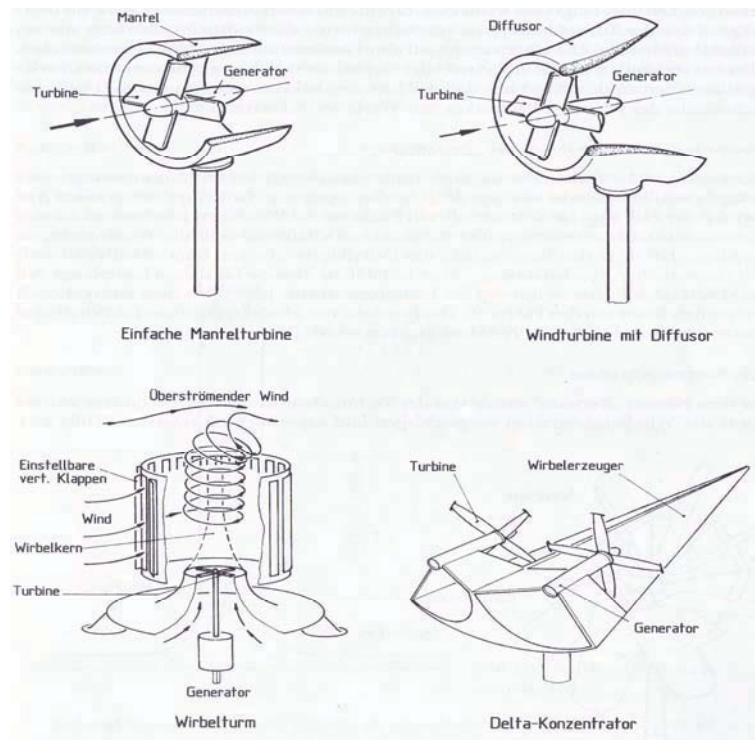


Abbildung 8: Sonderbauformen von Rotoren mit horizontaler Drehachse

Quelle: Hau, 2008, S. 73.

3.3 Heutige Standardbauweise des mechanischen Triebstrangs

Nachteilig ist die Anordnung aller Triebstrangkomponenten im Maschinenhaus auf jeden Fall. Dies geht zu Lasten der Turmkonstruktion, welche den Rotor und das Maschinenhaus tragen muss und so deren Festigkeit und Steifigkeit beeinträchtigt. Kompliziert ist deswegen auch die Montage des Maschinenhaus, die Zugänglichkeit für die Wartung der Aggregate ist ebenso aufwändiger.

Nichts desto trotz hat sich diese Bauweise, also die Anordnung der mechanischen und elektrischen Komponenten in direkter Linie im Maschinenhaus, als heutige „Standardbauweise“ durchgesetzt. Vorteile dieser Anordnung sind die kurzen mechanischen Übertragungswege sowie die leicht beherrschbaren dynamischen Probleme, die auftreten können.¹⁹

¹⁹ Vgl. Hau, 2008, S. 284.

3.3.1 Der Generatorantrieb mit Übersetzungsgetriebe

Diese Art der Bauweise erlaubt die Verwendung konventioneller, schnelllaufender elektrischer Generatoren. Betrachtet man die Bodenplattform, so sind alle Triebstrangkomponenten hintereinander angeordnet. Die Komponenten sind leicht zugänglich und im Fall einer Reparatur ohne Demontage der gesamten Anlage einzeln tauschbar. Ein weiterer Aspekt dieser Bauweise von Windkraftanlagen ist die gute Verfügbarkeit der Komponenten, da diese in der Zulieferindustrie entwickelt und so leicht zusammengebaut werden können²⁰ (siehe Abb. 9).

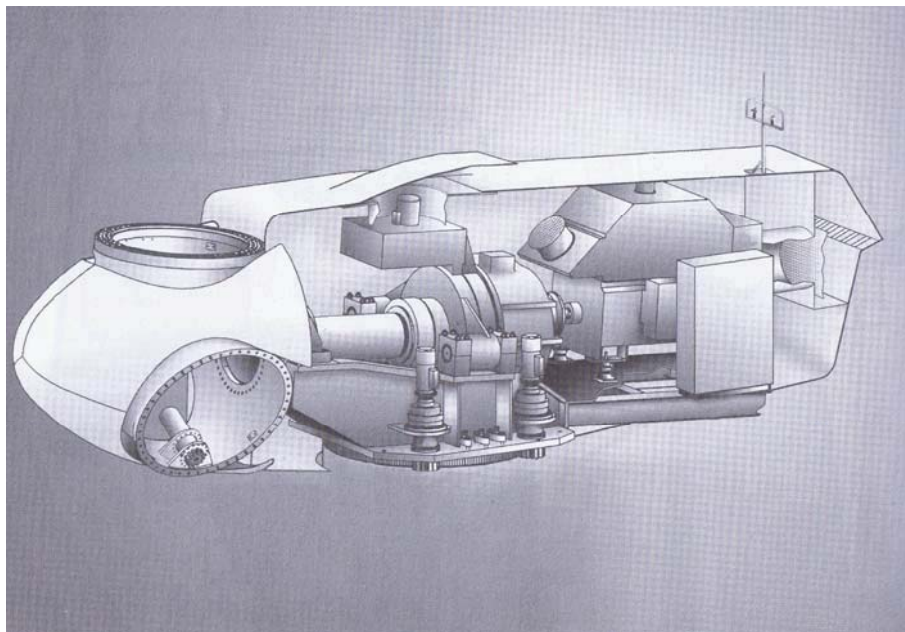


Abbildung 9: Maschinenhaus General Electric GE 1,5 sl in Standardbauweise

Quelle: Hau, 2008, S. 284.

3.3.2 Die zweite Standardbauweise

Bereits seit etwa 1995 werden Windkraftanlagen mit getriebeloser Triebstrang Anordnung (siehe Abb. 10) vom deutschen Hersteller Enercon in Serie gebaut und konnten sich mittlerweile am Markt durchsetzen. Aber nicht nur von Enercon wird dieses Konzept vertrieben, auch andere Hersteller haben es übernommen und deren Vorteile erkannt, Grund genug sie als „zweite Standardbauweise“ zu etablieren.²¹

²⁰ Vgl. Hau, 2008, S. 284.

²¹ Vgl. Ebenda

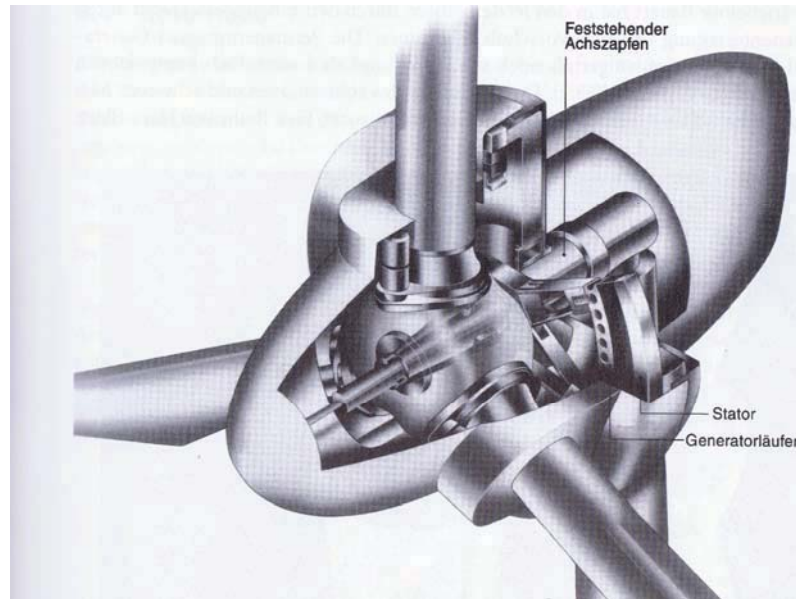


Abbildung 10: Enercon E-40, elektr. Generator mit Direktantrieb vom Rotor

Quell: Hau, 2008, S. 286.

Ausgestattet sind die Enercon Windkraftanlagen mit einem drehzahlvariablen direkt vom Rotor angetriebenen Synchrongenerator, welcher mit einem nachgeschalteten Frequenzumrichter verbunden ist. Vorteil hier ist, dass der Generator nicht auf die Netzfrequenz von 50 Hz ausgelegt werden muss, sodass der Durchmesser und die erforderliche Polzahl in einem vertretbaren Rahmen bleiben.

Wichtigster Aspekt dieser Bauart ist mit Sicherheit der Entfall der komplexesten Komponente einer Windkraftanlage und zwar das Getriebe. Selbst wenn dadurch die Herstellungskosten aufgrund des aufwändig herzustellenden Generators nicht geringer werden, so entfällt trotzdem der Problemfaktor Getriebe im Betrieb. Selbstverständlich birgt diese Bauart auch ihre Nachteile. Wie schon kurz angesprochen, ist der Generator in der Herstellung sehr aufwendig, da es sich um eine Sonderentwicklung handelt. Dazu kommen noch das im Vergleich zu konventionellen Anlagen hohe Gewicht und der größere Durchmesser. Zumindest bezieht sich diese Feststellung auf die elektrisch erregten Vielpolgeneratoren, wie sie zum Beispiel in allen Enercon-Anlagen vorkommen.²²

3.3.3 Was versteht man unter der Rotornabe?

Die Rotornabe, obwohl sie ein Teil des Rotors ist, ist zugleich die erste Komponente des mechanischen Triebstrangs, da sie aus konstruktiver und funktionaler Sicht eng mit ihm verbunden ist. Dies gilt vor allem für WKA, welche

²² Vgl. Hau, 2008, S. 286.

mit einer Blatteinstellwinkelregelung ausgestattet sind, da die Komponenten des Blattverstellmechanismus in der Rotornabe untergebracht sind.

Gerade bei Zweiblattrotoren übt die Rotornabe eine weitere Funktion aus. Sie hat die Aufgabe, die oft unterschiedlich herrschenden Belastungsverhältnisse des Zweiblattrotors mit Hilfe von Gelenken auszugleichen. Einer der höchstbelasteten Bauteile einer Windkraftanlage ist die Rotornabe, in ihr treten die gesamten Rortorkräfte und Momente beinahe punktförmig auf. Gerade deshalb muss hier im Hinblick auf die Ermüdungsfestigkeit und Langlebigkeit dem Material, aus dem die Rotornabe hergestellt wird, besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Deshalb wird gerade in der Planungs- und Konstruktionsphase genau darauf geachtet, lokale Spannungsspitzen zu vermeiden. Um das richtige Material auswählen zu können, haben sich im Laufe der Zeit drei Lösungen etabliert.²³

- Stahlblechkonstruktionen
- Stahlgusskörper
- Schmiedeteile

Durchgesetzt hat sich allerdings die Rotornabe als Stahlgußkörper, welche im folgenden kurz erläutert wird.

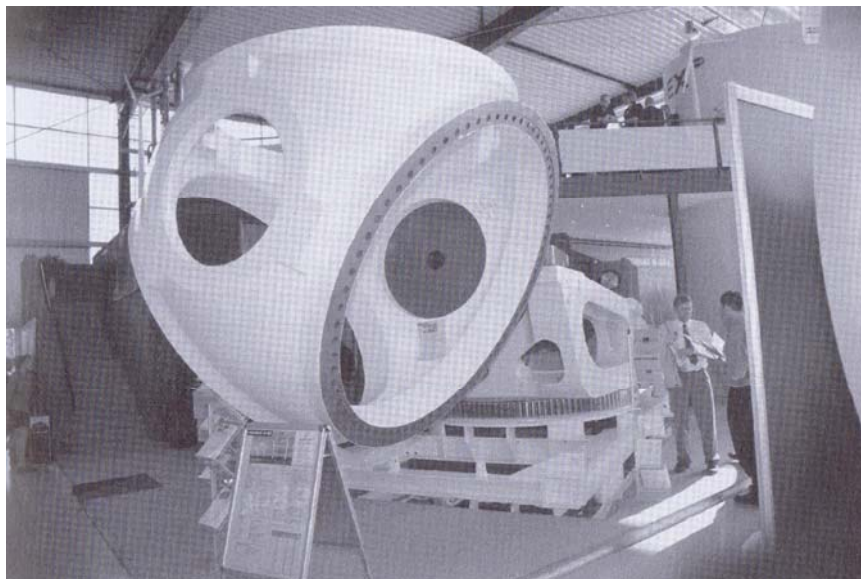


Abbildung 11: Gegossene Rotornabe einer Nordex N-80 WKA, Gewicht 15 t

Quelle: Hau, 2008, S. 289.

Da bei den dominierenden Dreiblattrotoren Rotornabengelenke nicht erforderlich waren, konnte der Nabenkörper starr sein. Als Werkstoff hat sich somit, wie eben angesprochen, der Stahlguß durchgesetzt. Vor einigen Jahrzehnten war man

²³ Vgl. Hau, 2008, S. 289.

allerdings noch skeptisch, was die Fertigung dynamisch hochbelasteter Gussbauteile betraf. Der Fortschritt in der Stahlindustrie und deren Fertigungsverfahren konnte allerdings das Misstrauen der Hersteller weichen lassen, sodass man heute derartige Bauteile, wie z. B. Laufräder aus Stahlguss, im Wasserturbinenbau einsetzt. Personen aus dem Bereich des Maschinenbau erkennen natürlich sofort, dass es sich bei Windkraftanlagen nicht um gewöhnlichen Stahlguss handelt. Hierfür werden spezielle Werkstoffkombinationen eingesetzt, die den dynamischen Belastungsspektrum, denen sie ausgesetzt sind, auch standhalten können, als besonders geeignet hat sich Kugelgraphit und Sphäroguss erwiesen.

Bei diesen Gusswerkstoffen ist der Kohlenstoff in Kugelform in die Kristallstruktur eingelagert, und somit wird auch die Sprödigkeit und Anrissempfindlichkeit des normalen Graugusses immens verringert.²⁴ Nicht zu vergessen sind jedoch die Zweiblattrotoren dessen Doppelblatt als Ganzes in der Nabe verankert werden kann.

Die daraus resultierenden Bauformen, wie starr und pitchend, schlagend und pendelnd, können mit einer regelungsgeführten Bewegung um die Blattlängsachse zur Leistungs- und Drehzahlbegrenzung kombiniert werden.²⁵

3.3.4 Der Blattverstellmechanismus

Gerade die größeren Windkraftanlagen verfügen über Rotoren mit Blatteinstellwinkelregelung. Der dazu gehörige Blatteinstellwinkelmechanismus hat dabei zwei grundsätzliche Aufgaben zu erfüllen: Wichtigste Aufgabe ist der zur Leistungs- und Drehzahlregelung des Rotors verstellbare Blatteinstellwinkel. Ausreichend dafür sind ca. 20 bis 25 Grad. Die sekundäre Aufgabe hat Einfluss auf die Auslegung der Blattverstellmechanik, da sie den Rotor zum Stillstand bringen muss. Deshalb müssen die Rotorblätter bis zur Fahnenstellung verstellt werden können, was den Stellbereich bis auf ca. 90 Grad erhöht. Unabhängig davon, welches Konzept bei Neuanlagen zum Tragen kommt, lässt sich die Funktion der Blatteinstellwinkelverstellung in folgende Bereiche aufteilen:²⁶

Rotorblattlagerung

Um die Drehbarkeit der Rotorblätter um ihre Längsachse zu realisieren, muss es eine Blatteinstellwinkelregelung geben. Auch wenn der notwendige Drehwinkelbereich und die Drehgeschwindigkeiten relativ gering sind, werden die Rotorblätter fast ausschließlich aus Wälzlager an der Blattwurzel gelagert.²⁷

²⁴ Vgl. Hau, 2008, S. 290.

²⁵ Vgl. Gasch, 1995, S. 62.

²⁶ Vgl. Hau, 2008, S. 295.

²⁷ Vgl. Ebenda

Blattverstellantrieb

Dieser ist bei älteren Windkraftanlagen fast ausschließlich durch Hydraulik Antrieb geregelt. Bei den neueren Anlagen hat sich aber ein anderes Konzept beliebt gemacht, hier geschieht der Antrieb mittels Elektromotoren. Wichtigste Aspekte dafür sind die umfangreicheren Regelungs- und Antriebsmöglichkeiten, die höhere Präzision sowie keine Dichtheitsprobleme im Hydrauliksystem.

Stellglieder

Welche Art von Stellgliedern verwendet werden, ist abhängig von der Art des Antriebsaggregates und der räumlichen Anordnung des Blattverstellantriebs im Maschinenhaus oder der Rotornabe. Die einfachste Lösung sind direkt wirkende elektrische Stellzylinder, da sie Antriebsaggregate und Stellglieder zugleich sind. Bei nicht direkt wirkenden Stellzylindern muss die Drehbewegung der Rotorblätter um ihre Längsachse mittels mechanischen Antrieben ausgeführt werden. Zum Einsatz kommen Drehspindeln, Zahnradgetriebe und alle erdenklichen Gestänge.

Energieversorgung

Da der Blattverstellantrieb mit Energie versorgt werden muss, passiert dies in den meisten Fällen mittels Energieversorgungssystem, welche im Maschinenhaus untergebracht sind. Bei elektrischen Systemen erfolgt die Anbindung der Stellantriebe und Stellzylinder mittels Schleifringübertragung. Werden die Antriebe in der rotierenden Rotornabe durch hydraulische Systeme versorgt, so erfolgt dies über eine Drehdurchführung.

Notverstellsystem

Im Normalfall können größere Windkraftanlagen, welche über eine Blatteinstellwinkelregelung verfügen, den Rotor durch Verstellen der Rotorblätter in Fahnenstellung abbremsen. Wird der Rotor durch Generatorabwurf nämlich plötzlich lastlos, so muss die Verstellung der Rotorblätter in Fahnenstellung sehr schnell passieren damit der Rotor nicht zu schnell dreht und die Anlage keinen Schaden davon trägt. Da diese Rotornotstoppfunktion sehr wichtig ist verfügen die meisten Anlagen über einen zweiten unabhängigen Notstoppantrieb.²⁸

Ebenso gibt es Anlagen, die durch einen mechanischen Fliehkraftmechanismus bei Überdrehzahl am Rotor Spoiler, Klappen und sogar Bremsfallschirme ausfahren können.²⁹

²⁸ Vgl. Hau, 2008, S. 296.

²⁹ Vgl. Gasch, 1995, S. 74.

3.4 Die Windrichtungsnachführung

Bereits bei historischen Anlagen war die Ausrichtung des Rotors in Windrichtung ein großer Aufwand, erst Mitte des 18. Jahrhunderts gelang durch die Rosette eine Automatisierung. Bis dahin wurde diese Arbeit manuell vom Betreiber über einen langen Ausleger (Steert) ausgeführt. Aber auch heute noch ist die präzise Windnachführung keine Selbstverständlichkeit und wird pausenlos verbessert.³⁰

Das Azimutverstellsystem, also die motorische Windrichtungsnachführung des Maschinenhauses, hat die Aufgabe, den Rotor und das Maschinenhaus automatisch nach der Windrichtung auszurichten. Betrachtet man die Windrichtungsnachführung rein funktionell, so ist diese als eigene Baugruppe anzusehen.

Sie bildet den Übergang des Maschinenhauses zum Turmkopf, wo auch ihre Komponenten integriert sind. Ebenfalls oft im Maschinenhaus integriert findet man den hydraulischen oder elektrischen Stellantrieb. Weitere Komponenten des Gesamtsystems werden in folgender Darstellung gezeigt.³¹

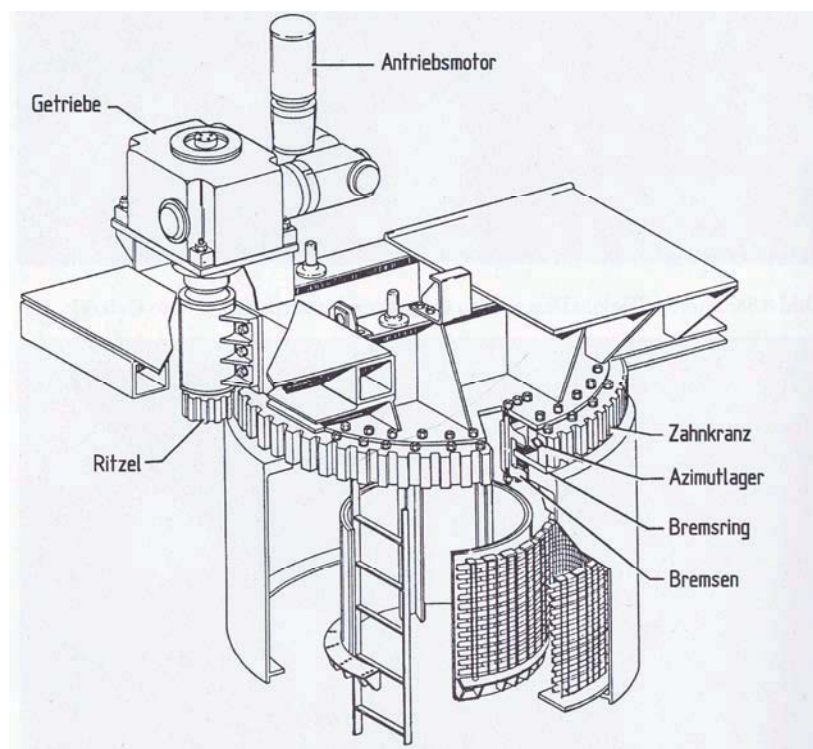


Abbildung 12: Windrichtungsnachführung mittels Wälzlagerung u. Stellantrieb

Quelle: Hau, 2008, S. 346.

³⁰ Vgl. Gasch, 1995, S. 71.

³¹ Vgl. Hau, 2008, S. 346.

Azimutlager

Speziell an die Azimut- oder Turmkopflager werden hohe Anforderungen gestellt, auch sich widersprechende. Denn einerseits soll es eine möglichst leichtgängige Windrichtungsnachführung sowie eine lange Lebensdauer erfüllen, andererseits wird eine schwingungsgedämpfte Drehhemmung während des Verstellvorgangs verlangt, um so mögliche Gierschwingungen zu vermeiden. Gelagert wird das Maschinenhaus auf einem großen Drehkranzlager (Momentlager), oft ist es bei neueren Anlagen ein Vierpunktkugellager, in manchen Fällen werden auch noch Wälzlager mit einer besonderen Drehhemmung verwendet. Als zuverlässiges Konzept zur Lagerung des Maschinenhaus hat sich eine sog. Gleitbahn erwiesen. Hier wird der Maschinenhausflansch auf Kunststoffkörpern gelagert. Dieses Konzept kam zu Beginn zwar nur bei kleineren Anlagen zum Einsatz, wurde jedoch aufgrund der Vorteile nach und nach auch bei größeren Anlagen verwendet (siehe Abbildung 13). Wie eben angesprochen, besteht der Vorteil der Gleitlagerung darin, dass die aufwendigen Azimutbremsen und Bremsringe, wie in Abb. 12 dargestellt, nicht mehr erforderlich sind. Es genügt in den meisten Fällen eine in die Verstellmotore integrierte Bremse.³²

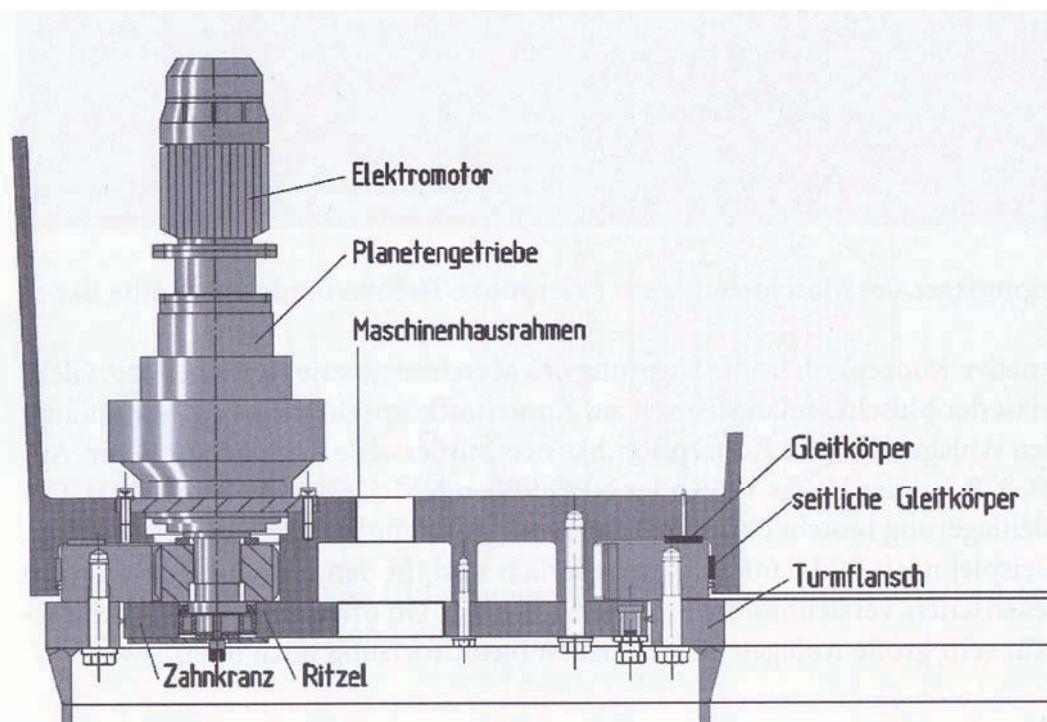


Abbildung 13: Verstellsystem mit Azimut-Gleitlagerung NEG Micon NM52

Quelle: Hau, 2008, S. 348.

³² Vgl. Hau, 2008, S. 347.

4 Energiespeicher

4.1 Was sind Energiespeicher?

Gesehen hat sie vermutlich schon jeder, eine der bekanntesten Möglichkeiten, Energie zu speichern, findet in Form von Batterien bzw. Akkus statt. Ziel ist es, eine bereits erzeugte Energie so lange zu speichern, damit man diese bei Bedarf zu einem späteren Zeitpunkt einsetzen kann. Eine allgemeine Problematik von Energiespeichern stellt sich hinsichtlich der Erzeugung und Nutzung. Nur in den wenigsten Fällen lässt sich Strom auf direktem Weg speichern. Ebenso wird aufgrund von Energieverlusten die Menge an gespeicherter Energie immer weniger sein als die vorab für die Erzeugung benötigte. Die Einteilung der Technologien zur Speicherung von Strom erfolgt entsprechend ihrer Energieform (chemisch, thermisch, mechanisch oder elektrisch), des Energieträgers und des Verfahrens zur Umwandlung und Speicherung von Energie.³³

Welche Energiespeicher gibt es also und noch wichtiger, welche eignen sich für die Speicherung von Energie, welche durch Windkraftanlagen erzeugt wird.

4.2 Arten von Energiespeichern und deren Einsatzgebiete.

Nachfolgend wird nun auf die Einsatzgebiete und Funktion der jeweiligen Speicherform eingegangen. Es soll veranschaulicht werden, welche dieser Stromspeicher am besten geeignet sind, die erzeugte Energie, welche durch Windkraftanlagen hergestellt wird, zu speichern und bei Bedarf zu einem späteren Zeitpunkt wieder zu Verfügung zu stellen. Gerade in der heutigen Zeit besteht nicht mehr der Drang, die Windenergie am Ort des Bedarfs zu nutzen, und bis auf wenige Ausnahmen werden Windkraftanlagen zur Stromerzeugung eingesetzt.³⁴ Deshalb spielen die Infrastruktur der Stromnetze und, wie in diesem Kapitel gezeigt wird, die Speicherformen eine wichtige Rolle, um erneuerbare Energie konstant und nicht nur schubweise zu bestimmten Zeiten nutzen zu können.

³³ Vgl. <http://www.effiziente-energiesysteme.de> entnommen am 10.03.2013 um 18:17 Uhr.

³⁴ Vgl. Hau, 2008, S. 631.

4.2.1 Schwungradspeicher

Diese Art von Speicher gehört der mechanischen Energieform an. Ist die Speicherung von großen Energiemengen gefragt, so kommen Schwungradspeicher zum Einsatz. Gerade in den achtziger Jahren wurde damit ausführlich experimentiert. Hoffnung gaben damals sehr schnell rotierende Schwungrad-Rotoren aus faserverstärktem Verbundmaterial, welche magnetisch und daher beinahe reibungsfrei gelagert waren. Theoretisch wären damit Schwungrad-Speicher mit extrem hoher Energiedichte herstellbar, die dann große Mengen an Energie aufnehmen und über längere Zeiträume verlustfrei speichern könnten. Die praktische und somit technische Umsetzung erwies sich dann jedoch viel schwieriger als erwartet, und so verblasste die Idee schnell wieder.

Betrachtet man konventionell gebaute Schwungräder und Lager deren Schwungmassen aus Stahl gefertigt sind, erkennt man, dass diese hohe Speicherverluste aufgrund von Reibung aufweisen und somit als Langzeitspeicher nicht geeignet sind. Eine Möglichkeit, diese Speicher doch im Bereich der WKA einzusetzen, wurde schon 1950 in der Sowjetunion geboren. In diesem Fall wird der Schwungradspeicher als Kurzzeitspeicher erfolgreich verwendet, um eine gleichmäßige Leistungsabgabe zu erreichen. Dieses Prinzip war so vielversprechend, dass Enercon diese Idee weiterentwickelt und im Bereich für Inselanwendungen mit kleineren Netzen neue Einsatzmöglichkeiten gefunden hat. Der Betrieb erfolgt mittels Schwungrad, welches 2,5t, wiegt in Verbindung mit einem Asynchron-Motor/Generator-Aggregat³⁵ (siehe dazu Abbildung 14).



Abbildung 14: Schwungrad-Kurzzeitspeicher von Enercon

Quelle: Hau, 2008, S. 634.

³⁵ Vgl. Hau, 2008, S. 634.

4.2.2 Batterie- bzw. chemische Speicher

Um die erzeugte Windenergie nutzen zu können, gerade wenn diese außerhalb der Spitzenzeiten liegt und somit nicht gerade ins das Stromnetz eingespeist wird, wäre eine Überlegung, diese in Batterien zu speichern. Doch ist das in dem Ausmaß welches benötigt wird, möglich bzw. wirtschaftlich?

Betrachtet man den Wirkungsgrad von Blei-Akkumulatoren oder auch Lithium-Ionen-Batterien, so zeigen diese einen noch besseren Wirkungsgrad als z.B. Pumpspeicherkraftwerke auf. Die Kehrseite allerdings macht der kurz aufgetretenen Euphorie schnell ein Ende, denn dem höheren Wirkungsgrad stehen 10 bis sogar 100 fach höhere Herstellungskosten, bezugnehmend auf die Kapazitätskosten eines Pumpspeichers, gegenüber. Weitere negative Merkmale wären Selbstentladung, eine kürzere Lebensdauer sowie eine geringe Anzahl an Ladezyklen.³⁶ Abschließend lässt sich somit sagen, dass der Einsatz von Batterien zur Speicherung und in folge dessen zur Einspeisung in das Stromnetz über mehrere Tage in naher Zukunft ob ihrer geringen Lebensdauer, der geringen Leistungskapazität und der hohen Produktionskosten eher fragwürdig erscheint. Wirtschaftlich betrachtet, finden Batteriespeicher derzeit vielmehr in Pufferspeichern und für die Kurzzeitspeicherung Verwendung.³⁷

Sollte die Forschung auf diesem Sektor neue Technologien entdecken oder aber auch Hybridsysteme überlegen, so scheint die Batteriespeicherung vielleicht doch nicht so unwahrscheinlich wie heute.

4.2.3 Die mögliche Zukunft in vielerlei Hinsicht, Wasserstofftechnologie

Eine weitere Speicheralternative für geeignete Langzeitspeicher ist die Brennstoffzelle. Grundsätzlich ist der Betrieb einer Brennstoffzelle mit einer Reihe von Brennstoffen möglich, eine und diese ist wohl die bekannteste, wäre Wasserstoff. Eine indirekte Möglichkeit der Speicherung sehen Forscher auch im Zusammenhang mit der Solarenergietechnik. Die Speicherung dieses Mediums erfolgt drucklos bei niedrigen Temperaturen, chemisch angelagert und auch gasförmig unter Druck. Auch der ökologische Aspekt, nämlich dass es ein umweltfreundlicher Brenn- bzw. Treibstoff ist, wäre gegeben.³⁸

Die Realität sieht jedoch noch anders aus, der oft entscheidende wirtschaftliche Aspekt macht auch dieser Technologie vorerst einen Strich durch die Rechnung.

³⁶ Vgl. Popp, 2010, S. 56.

³⁷ Vgl. Hau, 2008, S. 635.

³⁸ Vgl. Ebenda

Momentan ist die elektrolytische Wasserstofferzeugung und -speicherung einfach nicht für den Betrieb von groß-technischen Anwendungen geeignet. Es wurden zwar schon Anlagen im Jahr 2010 mit Wirkungsgraden von bis zu 20% erreicht und Steigerungspotenziale auf 30 bis 50% gesehen, da dies jedoch noch zu gering ist, steht auch diese Form der Energiespeicherung nicht zur Debatte.³⁹

4.2.4 Der Einsatz von Druckluftspeichern

Eine Technologie, die Potenzial hat und in Kombination mit WKA bereits erfolgreich in Betrieb ist, sind die Druckluftkavernenspeicher in zahlreicher Fachliteratur als CAES-Kraftwerke (Compressed Air Energy Storage) bezeichnet. Der Einsatz dieser Speicher wird besonders bei Offshore-WKA mit Netzproblemen diskutiert. Abbildung 15 zeigt dieses Problem und bietet einen schematischen Aufbau des Funktionsprinzips. Um diese Art von Speichern nutzen zu können, ist die Realisierung von Speichermöglichkeiten von größter Bedeutung. Gemeint sind hier große Räume oder auch von Menschenhand geschaffene Behälter, in denen die komprimierte Luft gespeichert werden kann. Eine hervorragende Speichermöglichkeit bilden hier im Salzbergbau entstandene unterirdische Kavernen. Nicht nur theoretisch, sondern auch in der Praxis ist diese Kombination aus WKA und Druckluftspeicher bereits seit 1978 in Huntorf/Niedersachsen im Einsatz und gleicht den Bedarf eines nahegelegenen Großkraftwerks aus. Das Konzept dieser Speichertechnologie ist grundsätzlich schnell erklärt. Luftverdichter, die durch Gasturbinen angetrieben werden, komprimieren die Luft auf ca. 50 bis 70 bar und speichern diese in Salzstöcken ein. Bei Bedarf kann das vorhin genannte Großkraftwerk mit etwa 290 MW über einen Zeitraum von ca. 2 Stunden versorgt werden, in dem nun die gespeicherte und komprimierte Luft entnommen wird und einen Stromgenerator antreibt, welcher den erzeugten Strom in das Netz einspeist.⁴⁰ Nachteil der Druckluftspeicher sind nicht nur die hohen Investitionskosten, sondern der leider geringe Gesamtwirkungsgrad. Bei diabatischen Systemen, also ohne Wärmerückgewinnung, liegt der zu erreichende Wirkungsgrad zwischen 40% und 60%. Ist eine Wärmerückgewinnung in das System integriert, spricht man von adiabatisch, und der Wirkungsgrad erreicht bis zu 70%. Druckluftspeicher können aber eine Alternative zu Pumpspeicherkraftwerken sein, wenn es vorhandene, zur Speicherung benötigte Hohlräume gibt und die Investitionskosten gerechtfertigt sind. Das Speicherpotenzial und der Wirkungsgrad entsprechen aber auch hier leider nicht den Erwartungen.⁴¹

³⁹ Vgl. Popp, 2010, S. 55.

⁴⁰ Vgl. Hau, 2008, S. 637.

⁴¹ Vgl. Popp, 2010, S. 54.

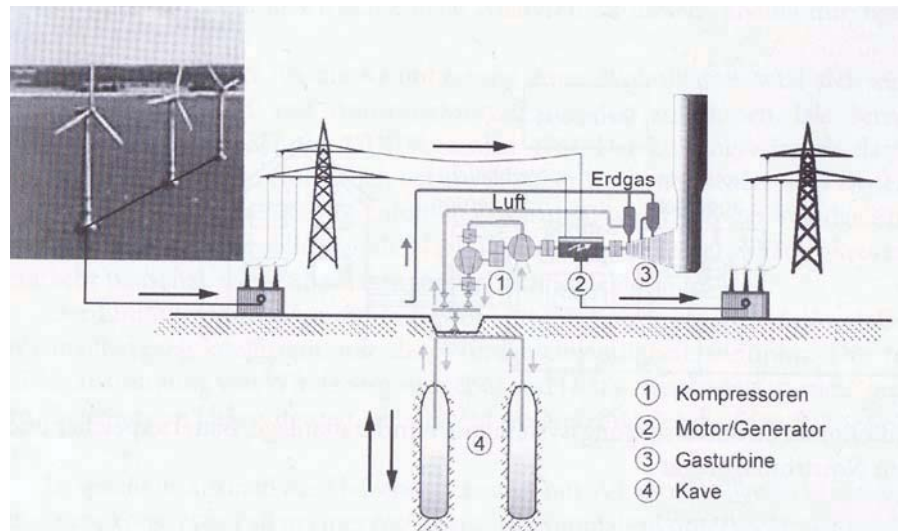


Abbildung 15: Druckluftkavernenspeicher in Kombination mit einer WKA

Quelle: Hau, 2008, S. 637.

4.2.5 Pumpspeicherkraftwerke

Ein Energiespeicherverfahren, welches mit den schon heute bereitstehenden Mitteln verfügbar ist, wären Pumpspeicherkraftwerke. Technologisch betrachtet, ist es jedoch enttäuschend, da dies die älteste Form der Energiespeicherung ist, welche annähernd wirtschaftlich anzuwenden ist.

Das Prinzip ist einfach, durch WKA erzeugte Energie speist eine Pumpe, welche Wasser in ein dafür geeignetes Becken/Wasserreservoir befördert. Dort gespeichert, ist es jederzeit wieder abrufbar und kann durch seine potenzielle Energie, welche freigesetzt wird, eine Turbine antreiben, die wiederum gekoppelt an einen Generator Strom erzeugt und diesen in das Stromnetz einspeist.⁴²

Doch von welcher Energie sprechen wir hier. Das Gewicht von einem Kubikmeter Wasser entspricht 1000kg. Betrachtet man diese Daten, ausgehend von einer Höhe von 400m, so ergibt sich:

$$\begin{aligned} \text{Die potenzielle Energie } E_{\text{pot}} &= 1000\text{kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 400\text{m} = \\ &3,924 \text{ MWs} = 1,09 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Der erreichte Wirkungsgrad moderner Pumpspeicherkraftwerke liegt bereits bei 80%.⁴³

Warum wird dieses Energiespeicherverfahren also nicht flächendeckend umgesetzt. Selbst wenn die topografischen Verhältnisse gegeben wären, so scheitert es noch an den hohen Investitionskosten von mehr als 5000 €/kW.⁴⁴

⁴² Vgl. Hau, 2008, S. 636.

⁴³ Vgl. Popp, 2010, S. 42.

⁴⁴ Ebenda, 2008, S. 237.

4.2.6 Ringwallspeicher

Sie sind ein weiteres Energiespeicherverfahren, welches Wasser als Energiespeicher nutzt.

Betrachtet man Gebiete mit großräumig ertragreichen Standorten für Windenergie, so sind hier nicht die topografischen Möglichkeiten gegeben, um Pumpspeicher in das Gelände zu integrieren. Nötig dazu wären Landschaften mit großen Höhenunterschieden, die es zulassen, in den Berg- und Tallagen im Volumen aufeinander abgestimmte Stauseen anzulegen. Es folgt daher die Überlegung, künstliche Landschaften, die als Energiespeicher dienen sollen, dort zu errichten, wo Windenergie im großen Umfang unter günstigen Voraussetzungen gewonnen werden kann. Die einfachste Lösung einer künstlich angelegten Landschaft bietet sich hier in Form eines Wall mit zentralem Oberbecken und einer sich darunter befindlichen Ringfläche als Unterbecken.⁴⁵ Siehe dazu folgende Abbildung:

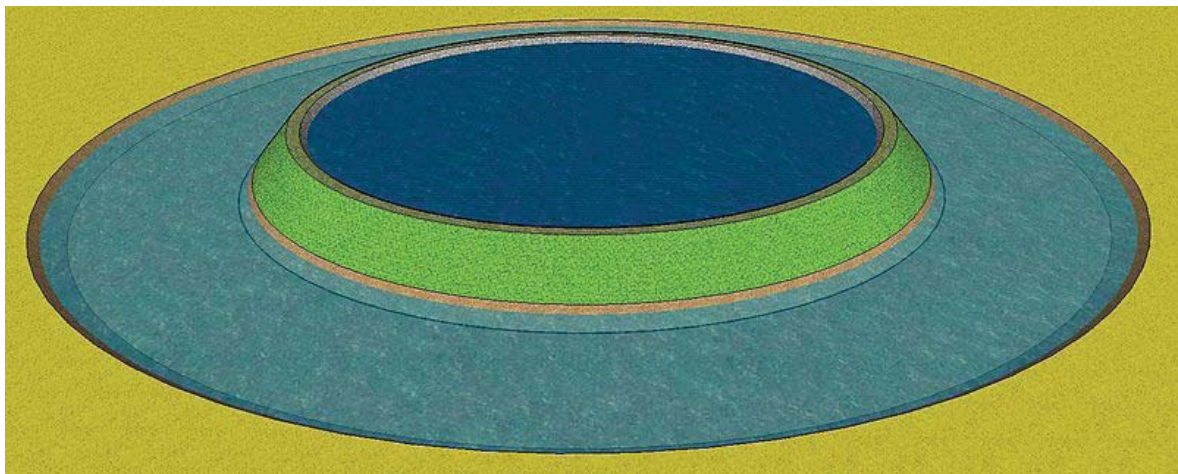


Abbildung 16: Ringwallspeicher für das „flache Land“

Quelle: Popp, 2010, S. 47

Einziges Problem, Ringwallspeicher sind bis dato mehr oder weniger Theorie und keinesfalls für die Serienanwendung geeignet. Doch auch diese Technologie ist ein Hoffnungsträger für die Zukunft.

⁴⁵ Vgl. Popp, 2010, S. 47.

5 Selbstversorgung einer kleinen Gemeinde mittels Windkraftanlagen

5.1 Einleitung

Dieses Kapitel beschäftigt sich unter anderem mit den Zukunftsaussichten von Windkraftanlagen in Österreich, deren Potenzial, Aufstellungsorten und dem Marktanteil erneuerbarer Energie am österreichischen Energiesektor.

Darüber hinaus werden die Projektphasen, welche zur Errichtung und Betrieb einer WKA nötig sind, beschrieben. Aufbauend darauf, wird anhand eines Beispiels untersucht, ob die selbstständige Stromversorgung der Haushalte einer kleinen Gemeinde mittels WKA möglich und vielmehr, ob dieser Lösungsansatz auf längere Zeit günstigeren Strom bietet.

5.2 Energiebilanz am österreichischen Markt.

Energiebilanzen im Allgemeinen reflektieren den Energiefluss durch das sozio-ökonomische System wieder, es erfolgt durch einen Vergleich von Aufkommen und Verwendung. Gegenüber dem Jahr 2010 etwa sank der energetische Endverbrauch um 3,9% auf 1.089.184 Terajoule (TJ) und somit unter das Niveau von 2005. Als Ursache werden wärmere Temperaturen im Jahr 2011 und die Erhöhung der Mineralölsteuer per 01.01.2011 gesehen.

Gestiegen jedoch ist der Anteil der Erneuerbaren Energien im Jahr 2011 (31%) um etwa 0,4% gegenüber 2010. 2005 waren es nur 23,8%. Erreicht wurde dieser Anstieg durch mannigfaltige Maßnahmen wie Aufklärungsaktionen, Förderungen und Schaffung gesetzlicher Rahmenbedingungen.

Aus einer Analyse auf Energieträgerebene im Jahr 2011 geht hervor dass der erneuerbare Strom (aus Windkraft, Wasser, Photovoltaik, Erdwärme und Biomasse) mit immerhin 64,6% den höchsten Anteil am Gesamtstromverbrauch erreicht. Aus sektoraler Betrachtungsweise führt die Landwirtschaft mit 44,7%, bezogen auf den direkten Einsatz von EE, dicht gefolgt von privaten Haushalten mit 41,1%, Schlusslicht sind die Dienstleistungen mit 14,1%.⁴⁶

⁴⁶ Vgl. http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/umwelt/oeko-steuern/index.html entnommen am 27.03.2013 um 17:19 Uhr

Folgende Grafik soll veranschaulichen, welches Potenzial **EE (erneuerbare Energie)** mit sich bringt und wie stark deren Ausbau voranschreitet.

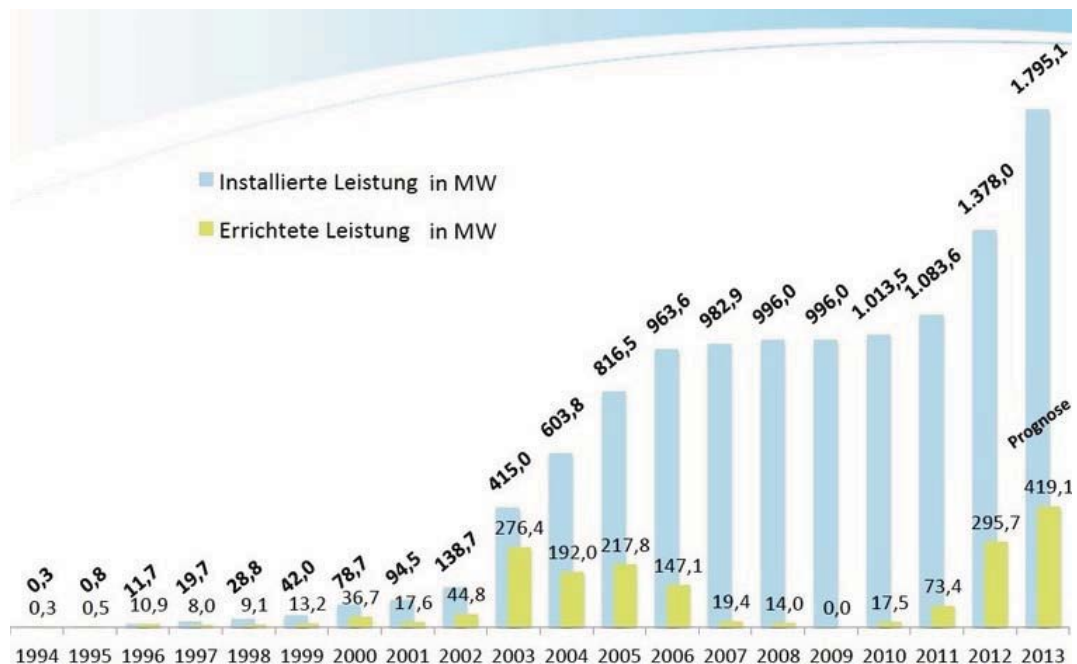


Abbildung 17: Ausbau der Windkraft in Österreich

Quelle: [http://www.igwindkraft.at/?xmlval_ID_KEY\[0\]=1047](http://www.igwindkraft.at/?xmlval_ID_KEY[0]=1047)

5.3 Das Ökostromgesetz und die Verbraucherstruktur der österreichischen Haushalte

Bereits im Juli 2011 wurde das neue Ökostromgesetz 2012 beschlossen und ist am 1. Juli 2012 in Kraft getreten. Es sieht für erzeugten Strom aus EE eine Abnahmepflicht zu festen Einspeistarifen vor. Gefördert wird dies durch die Ökostromabwicklungsstelle OeMAG, welche für die Abschlüsse von Förderverträgen verpflichtet ist. Für rohstoffabhängige Anlagen wie Biomasse oder Biogas gilt eine Tarifaufzeit von 15 Jahre, für WKA und Photovoltaik sind es 13 Jahre.

Ausbauziele:

Dank dem ÖSG 2012 gibt es nun langfristige Perspektiven für die Stromerzeugung aus EE. Laut §4 Abs 4 wurden für den Zeitraum 2010 bis 2020 folgende Ausbauziele in Österreich vereinbart:

- Windkraft plus 2000 MW
- Photovoltaik plus 1200 MW
- Wasserkraft plus 1000 MW
- Biomasse/Biogas plus 200 MW

Ein zusätzliches Ziel bis 2015 für die Windkraft sind weitere 700MW.⁴⁷

Einspeistarife:

Sie werden in der Ökostrom-Einspeiseverordnung festgelegt und betragen für das Jahr 2013 9,45 Eurocent/kWh, zum Vergleich 2012 waren es noch 9,50 Eurocent/kWh. Der neue Tarif ist ab 01.01.2013 für alle Verträge gültig, für die ein Antrag auf Kontrahierung bei der Ökostromabwicklungsstelle bis zur Erlassung einer neuen Tarifverordnung gestellt wird. Gibt es jedoch Verträge für Anlagen, die zu einem früheren Zeitpunkt abgeschlossen wurden, so gelten Tarif und Laufzeit gemäß dessen Konditionen.

Tariflaufzeit und Inbetriebnahmefrist:

Laut §16 ÖSG 2012 beträgt die Dauer der Kontrahierungspflicht für WKA 13 Jahre ab Kontrahierung. Der Beginn der Tariflaufzeit startet mit der Abnahme von Ökostrom durch die Ökostromabwicklungsstelle gemäß §12.

Die Inbetriebnahmefrist beträgt 36 Monate ab Vertragsabschluss statt wie bisher 24 Monate (§15 Abs 6). Wurde ein Vertrag vor dem Inkrafttreten des ÖSG 2012 abgeschlossen, so gilt das „alte“ ÖSG (§10 Abs 5, also 24 Monate)

Förderungen im Ökostromgesetz:

Für neue Ökostromanlagen ist ein jährliches Unterstützungsvolumen von 50 Mio. Euro vorgesehen, davon stehen laut §23 Abs 3 allein 11,5 Mio. Euro für Windkraft zur Verfügung.

Vergeben werden die dafür vorgesehenen Förderverträge durch die OeMAG wie bisher durch das First-come-first-served-Prinzip.

Die Aufbringung der Fördermittel erfolgt zum einen über eine Ökostrompauschale und zum anderen mittels Ökostromförderbeitrag. Die Pauschale ist laut §45 von allen Endverbrauchern einzuheben, welche an das öffentliche Netz angeschlossen sind. Gestaffelt nach Netzebene sind das 11€ auf Netzebene 7, 320€ auf Netzebene 6 und bis zu 35.000€ auf Netzebene 1 bis 3.

⁴⁷ Vgl. http://www.igwindkraft.at/?mdoc_id=1014571 entnommen am 27.03.2013 um 17:47 Uhr

Ebenso hat der Wirtschaftsminister nach §48 jährlich im Vorhinein einen Ökostromförderbeitrag zu verordnen, der von allen an das öffentliche Netz angeschlossenen Endverbrauchern einzuheben ist.⁴⁸

Verbraucherstruktur der österreichischen Haushalte:

Um später in diesem Kapitel das Beispiel zur Berechnung der benötigten Energieleistung der Windkraftanlagen darstellen zu können ist es wichtig den durchschnittlichen Energieverbrauch der österreichischen Haushalte pro Jahr/ pro Person zu ermitteln.

Folgender Wert wurde zur Ermittlung herangezogen:
2050 kWh⁴⁹

5.4 Die Phasen der Projektentwicklung

5.4.1 Aufstellungsorte mit hohem Potenzial

Die Planung zur Windenergienutzung beginnt mit der Suche nach einem geeigneten Standort welcher ausreichende Windgeschwindigkeiten erwarten lässt. In dicht besiedelten Ländern, wie etwa Deutschland, Holland oder auch Dänemark sind die räumlichen Verhältnisse im Bezug auf die Besiedelung von entscheidender Bedeutung. Es muss die für einen Windpark ausreichende Fläche gefunden werden. In Ländern mit eher dünner Besiedelung ist es wiederum schwieriger, den geeigneten Anschluss an das Stromnetz sicherzustellen.⁵⁰

Um nun einen geeigneten Ort in einer österreichischen Gemeinde zu finden, welcher genug Potenzial bietet, um diesen auch über das ganze Jahr nachhaltig mit erneuerbarer Energie zu versorgen, sollen folgende Abbildungen bei den Überlegungen helfen. Die Karten stellen die Windverhältnisse mit deren durchschnittlichen Jahreswindgeschwindigkeiten in Österreich, 50 Meter über dem Grund dar. Es wird einmal die Windsituation in Gesamt-Ö gezeigt und weiters eine genauere Betrachtungsweise des Bundeslandes, welches als Aufstellungsort für die fiktive WKA dienen soll.

⁴⁸ Vgl. Ebendar entnommen am 01.04.2013 um 09:57 Uhr

⁴⁹ Vgl. www.statistik.at Pdf „Modellierung des Stromverbrauchs in den privaten Haushalten“ S.20
Tab. 5

⁵⁰ Vgl. Hau, 2008, S. 722.

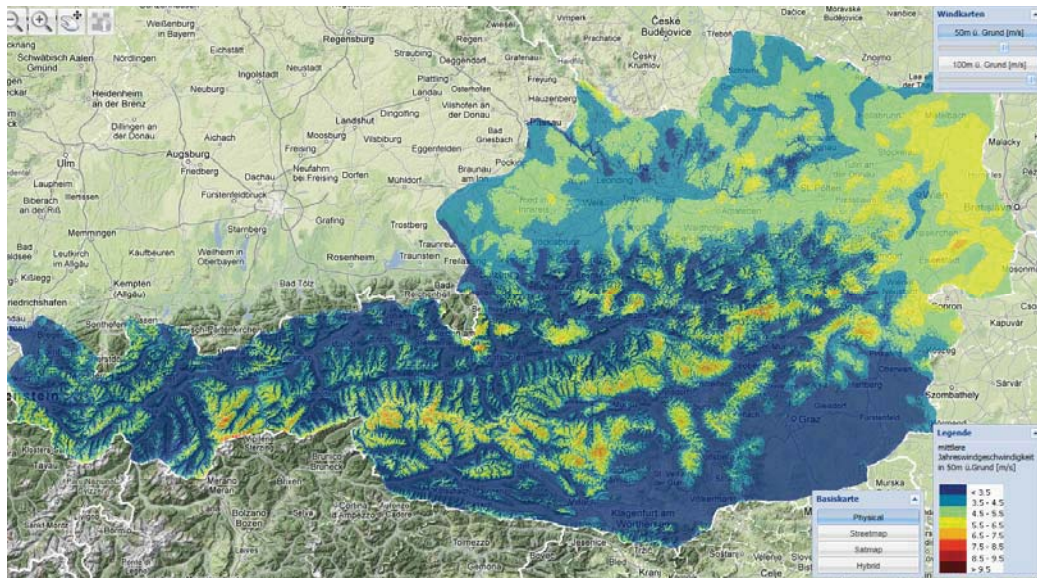


Abbildung 18: Windgeschwindigkeiten 50m über Grund.

<http://www.windatlas.at/>

Aufgrund der hohen Windgeschwindigkeiten von Durchschnittlich 5,5 bis 6,5 m/s, welche hier im Jahr erreicht werden, fällt die Entscheidung auf den Ort Zistersdorf in Niederösterreich (siehe Abbildung). Die Einwohnerzahl 2013 beträgt laut Statistik Austria 5451⁵¹ Einwohner.

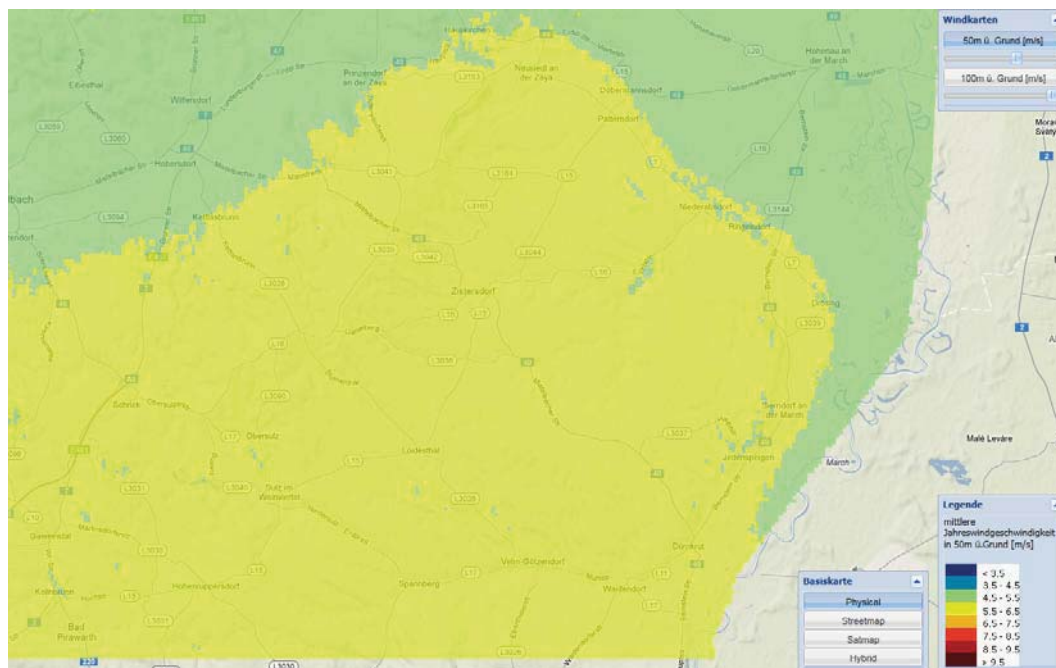


Abbildung 19: Zistersdorf in Niederösterreich.

<http://www.windatlas.at/>

⁵¹ Vgl. http://www.statistik.at/web_de/statistiken/bevoelkerung/volkszaehlungen_registerzaehlungen/index.html entnommen am 02.04.2013 um 11:28 Uhr

5.4.2 Technische Vorplanung und Informationsarbeit

Bevor nun mit dem Genehmigungsverfahren begonnen werden kann, benötigt es eine gewisse technische Vorplanung. Jede Baugenehmigung ist anlagenbezogen und bedarf einer groben Beschreibung und Definition. Es sollte eine erste Auslegung der Feldgeometrie des geplanten Windparks erstellt und die nach dem jeweiligen Land bzw. Bundesland vorgeschriebenen Mindestabstände zu Grundstücken und Bebauung in der Umgebung eingehalten werden.⁵²

Nachfolgend ein Auszug der Mindestabstände in Österreich, Niederösterreich.⁵³

- Die dafür nötige Rechtsgrundlage ist in §19 Abs 2 Z19 ROG und §19 Abs 3a ROG zu finden.
- Widmung: Grünland Windkraftanlage
- Abstände (WKA ab 20kW):
 - () 1200m zu gewidm. Wohnbauland u. Bauland Sondergebiet mit erhöhtem Schutzanspruch
 - () 750m zu landwirtschaftlichen Wohngebäuden u. erhaltenswerten Gebäuden im Grünland, Kleingärten, Campingplätzen
 - () 2000m zu gewidm. Wohnbauland d. Nachbargemeinde, bei Zustimmung der Nachbargemeinde nur 1200m

Ebenso wichtig wie die technischen Aspekte ist die Einbeziehung der Bevölkerung und der Gemeinde. Wie bereits angeführt, muss laut NÖ Raumordnungsgesetz die beanspruchte Fläche in „Grünland-Windkraftanlage“ umgewidmet werden, da ohne nötige Aufklärung der Gemeinde die Umsetzung des Projekts nicht möglich ist.

5.4.3 Genehmigungsverfahren und gesetzlicher Rahmen

Da WKA im Allgemeinen den gesetzlichen Bestimmungen für die Errichtung von Bauwerken unterstellt sind müssen, verschiedene Aspekte beachtet werden:⁵⁴

- Baurecht
- Raumordnungsrecht (Flächenwidmung)
- Elektrizitätsrecht
- Naturschutzrecht
- Luftfahrtrecht
- Umweltverträglichkeitsprüfungsrecht

⁵² Vgl. Hau, 2008, S. 723

⁵³ Vgl. <http://www.igwindkraft.at/redsystem/mmedia/2012.06.04/1338818183.pdf>

Entnommen am 02.04.2013 um 12:30 Uhr

⁵⁴ Vgl. http://www.igwindkraft.at/?mdoc_id=1000165 entnommen am 02.04.2013 um 12:41 Uhr

Bau-, Elektrizitäts-, Natur- und Luftfahrtrecht:⁵⁵

Sieht man vom Luftfahrtrecht ab, so sind die verschiedenen Agenda in den Bundesländern unterschiedlich geregelt. Für das NÖ Baurecht gilt, Stromerzeugungsanlagen, die einer elektrizitätsrechtlichen Genehmigung bedürfen, sind von der NÖ Bauordnung 1996 ausgenommen, die dazu nötigen baurechtlichen Aspekte werden im Elektrizitätsrecht-Verfahren berücksichtigt.

In jedem Fall muss aber in erster Instanz mit der Baubehörde und mit der Landesregierung Kontakt aufgenommen werden.

Zuständig für die Baubehörde in erster Instanz ist der Bürgermeister bzw. das Magistrat.

Die Landesregierung wiederum ist zuständig für die elektrizitätsrechtliche, die naturschutzrechtliche und die luftfahrbehördliche Bewilligung.

Umweltverträglichkeitsprüfungsrecht:⁵⁶

Im vereinfachten Verfahren sieht der Gesetzgeber auch eine Umweltverträglichkeitsprüfungspflicht für Windparks mit mindestens 20 Anlagen oder 20 MW vor.

Befindet sich der Aufstellungsort jedoch in einem schutzwürdigen Gebiet, so fällt die Überprüfungspflicht schon bei 10 Anlagen oder 10 MW an. Kommt es zu einem UVP-Verfahren, so wird eine Verfahrenskonzentration eingeleitet und alle anderen ausständigen Verfahren werden im Zuge des UVP-Verfahrens abgehandelt.

Das Problem, welches sich hier nun abzeichnet, besteht im Ausgleich der widerstreitenden Interessen, welche sich aus diesen formalen Hürden ergeben. Dies erklärt auch die langen Planungszeiträume. Die Planer sind dazu angehalten, den Prozess aktiv zu steuern und zu beschleunigen und die im Laufe des Verfahrens erforderlichen Umweltgutachten schnellstmöglich zu beschaffen.

Gerade bei größeren Windparkprojekten, speziell in Deutschland und weiteren Ländern mit hoher Anzahl an WKA, werden daher in den meisten Fällen eigens zu diesem Zweck Gesellschaften gegründet, die solche Projekte realisieren sollen und betreiben. So gibt es daher in Deutschland mittlerweile viele Rechtsanwälte, die sich auf solche Modelle spezialisiert haben.⁵⁷

⁵⁵ Vgl. http://www.igwindkraft.at/?mdoc_id=1000165 entnommen am 02.04.2012 um 13:21 Uhr

⁵⁶ Ebenda

⁵⁷ Vgl. Hau, 2008, S. 723.

Nachfolgende Abbildung zeigt das Ablaufschema eines Genehmigungsverfahrens:

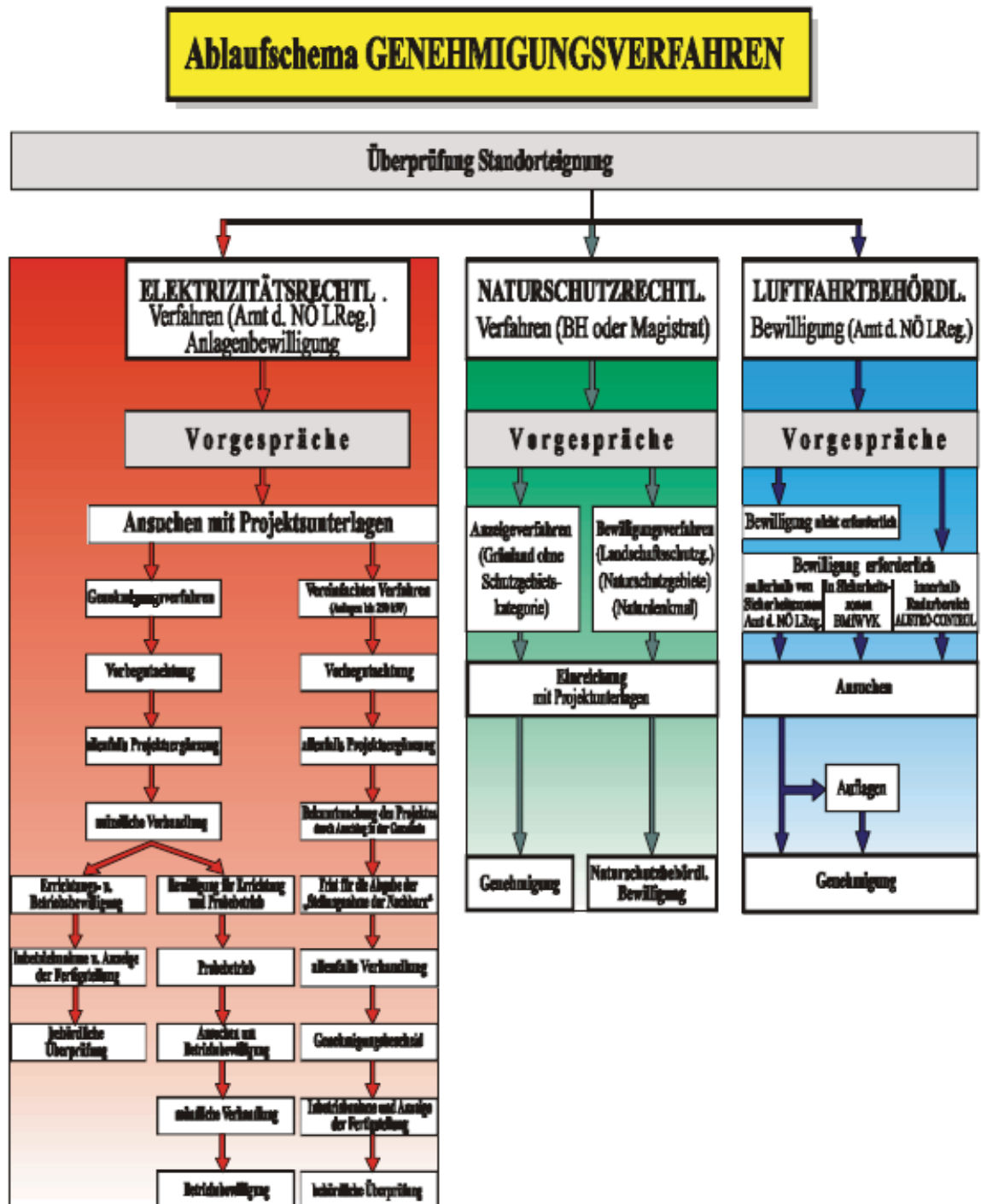


Abbildung 20: Ablaufschema Genehmigungsverfahren in Österreich

Quelle: <http://www.igwindkraft.at/redsystem/mmedia/2004.12.16/1103205575.pdf>

5.5 Kostenaufstellung der Windkraftanlage in Zistersdorf

Nachfolgend soll nun anhand des fiktiven Windparks aufgeschlüsselt werden, mit welchen Kosten zu rechnen ist. Die Darstellung und Ermittlung erfolgt anhand von Vergleichswerten aus Literatur und ermittelten Durchschnittswerten aus dem Internet, da ein maßgeschneidertes Angebot für die anfallenden Kosten, beginnend von der Planung, der WKA selbst, Baugründe und sämtliche Projektkosten von den Firmen leider nicht zu bekommen war.

5.5.1 Erforderliche Anlagengröße

Um nun die Gesamtleistung des Windparks in Zistersdorf zu ermitteln, werden die Werte aus Kapitel 5.3 und 5.4.1 herangezogen.

Nachfolgend wird nun aus der Einwohnerzahl 5451 und dem durchschnittlichen Stromverbrauch pro Kopf pro Jahr mit 2050 kWh der Gesamtenergiebedarf der Haushalte von Zistersdorf ermittelt.

Gesamtenergiebedarf der Einwohner für deren Haushalt im Jahr:

5451 Einwohner * 2050 kWh = 11.174.550 kWh entspricht 11.174,550 [MWh]

Theoretische Energieleistung der Windkraftanlage pro Jahr:

Um diesen Bedarf decken zu können, wird für die ermittelte Energieleistung der Einwohner folgende Windkraftanlage zur Berechnung herangezogen:

1 Stk. WKA der Firma Enercon, Type E-82 / 2000 kW

- Nennleistung: 2000 kW
- Rotordurchmesser: 82m
- Nabenhöhe: 78m
- Anlagenkonzept: getriebelos, variable Drehzahl, Einzelblattverstellung

Zur Berechnung wurden folgende Parameter verwendet und in einem Leistungskalkulator die theoretische Erzeugungsleistung errechnet:⁵⁸

- Mittlere Windgeschwindigkeit 5,4 m/s
- Nabenhöhe: 78m
- Rauigkeitslänge: 0,10 m
- Formparameter: 2
- Fläche: 5281 m²
- Sicherheitsabschlag 5%

Ergibt eine theoretische jährliche Energieleistung von: **14512,00 [MWh] je Anlage**

Es wird also 1 Stk. Enercon Type E-82 benötigt.

5.5.2 Wirtschaftlichkeitsanalyse mit Finanzierungsbeispiel der Raiffeisenbank

Ziel ist es einen Vergleich darzustellen, ob es nun günstiger ist, in einen Windpark zu investieren, oder herkömmlichen Strom von Energielieferanten zu beziehen. Die Investitionskosten werden in diesem Fall anhand einer Fremdfinanzierung dargestellt und mittels statischer Betrachtungsweise ermittelt.

Statische Betrachtungsweise:

Dies bedeutet, dass für die nachfolgend genannten Einflussgrößen, konkrete Zahlenwerte vorliegen. In diesem Fall sollte eine Wirtschaftlichkeitsanalyse oder auch genannt, „statische“ Berechnung der möglichen Stromerzeugungskosten durchgeführt werden. Diese Analyse zeigt das Potential und kann bei den Investitionsentscheidungen der Investoren sehr hilfreich sein.

Es wird bewusst auf die „dynamische“ Wirtschaftlichkeitsberechnung verzichtet, da sie spekulative Elemente in die Berechnung miteinbezieht. Die Einflussfaktoren bestehen dann nicht mehr aus konkreten Zahlenwerten und dem wirtschaftlichen Potential der Technik, sondern auch aus Einschätzungen und deren prognostizierten Entwicklungen über einen längeren Zeitraum.

⁵⁸ Vgl <http://www.renewable-energy-concepts.com/german/windenergie/wind-basiswissen/kalkulator-windkraft-berechnen.html> Entnommen am 02.04.2012 um 15:15 Uhr

Folgende Zahlenwerte sind gegeben:⁵⁹

Kredit: EUR 2.730.000€

Kalkulationszinssatz: 5%

Kreditlaufzeit: 12 Jahre

Bei einer Eigenkapitalquote von : 0 %

Gesamtinvestition: EUR 2.730.000,-

Berechnung der jährlichen Kapitalkosten (Annuität in % des eingesetzten Kapitals):

$$A = \frac{P}{(1+p)^n - 1} \quad A=11,28\%$$

Die Kosten für die Windkraftanlage (2000 kWh) wurden mit EUR 1050,- pro kWh angenommen, zusätzlich noch ca. 30% für Planung und techn. Infrastruktur. Dies ergibt Investitionskosten von ca. EUR 1365,- pro kWh.⁶⁰

Investitionskosten	
Ab Werkpreis der Windkraftanlage	2.100.000,00 €
Kosten für Planung und techn. Infrastruktur (30% v. Ab Werk Preis)	630.000,00 €
Gesamte Investitionskosten	2.730.000,00 €
Jährliche Kosten	
Wartung & Instandhaltung, Versicherung, Pacht, Netzdienstleitung (4% v. ab Werk Preis)	84.000,00 €
Kapitaldienst (Kalkulatorischer Zinssatz 5% p.a.) □ 12 Jahre (durchschnittliche Annuität 11,28%)	307.944,00 €
Jährlich "benötigte" Energielieferung (theoretisch möglich 14.512.000 kWh)	
Annahme ist der optimalste Fall v. 98% techn. Verfügbarkeit, techn. Verluste und 5% Sicherheitsabschlag	11.174.550 kWh
Spezifische Investitionskosten bezogen auf Jahresenergielieferung	0,24 € / kWh
Die Stromerzeugungskosten betragen somit bei einer Amortisation in 12 Jahren	0,035 € /kWh

Abbildung 21: Stromerzeugungskosten

Quelle: Eigene Darstellung

Die tatsächlichen Stromkosten pro Einwohner betragen daher:

Jährliche Kosten dividiert durch die Einwohnerzahl: **71,90€**

Zuzüglich gesetzlicher Netzgebühren: **150,97€**

⁵⁹ Vgl. Finanzierungsangebot der Raiffeisenbank vom 17.05.2013

⁶⁰ Vgl. Hau, 2008, S. 826-847.

Bei einem durchschnittlichen Bedarf von 2050 kWh wären das umgerechnet 0,109€/kWh.

5.5.3 Herkömmlicher Strom von Energielieferanten

Um fair zu bleiben, wurde der nachfolgende Strompreis anhand folgender Auswahlkriterien ermittelt:⁶¹

- Frei von Atomstrom
- Nur Ökostrom-Anbieter mit österreichischem Umweltzeichen
- Gesamtrechnung aus einer Hand
- Stromverbrauch 2050 kWh / Jahr
- Postleitzahl A-2225

Erfüllt haben diese Kriterien 2 Lieferanten mit insgesamt 5 Tarifen. Diese waren „AAE-Naturstrom“ und die Firma „oekostrom“.

Der Durchschnittspreis der Tarife lag bei: 444,80€ pro Jahr.

Bedeutet bei angegebenem Jahresverbrauch, Kosten von: 0,22€ pro kWh.

5.5.4 Kostenvergleich WKA und herkömmlicher Energielieferant

Vergleicht man die Kosten in den ersten 12 Jahren, so wird schnell klar, welches Potenzial in Windkraftanlagen steckt und wie hoch die Kostenersparnis für die Haushalte ist.

Preiserhöhungen und der Einspeisungserlös der überschüssigen Energie der WKA wurden in beiden Fällen nicht berücksichtigt um einen seriösen Vergleich ohne Spekulation über zukünftige Energiepreise darzustellen.

⁶¹ Vgl. [https://durchblicker.at/strom/vergleich/ergebnis#](https://durchblicker.at/strom/vergleich/ergebnis#d0573639d420d924b8c5c56b7b731125b0c170bd)

[d0573639d420d924b8c5c56b7b731125b0c170bd](https://durchblicker.at/strom/vergleich/ergebnis#d0573639d420d924b8c5c56b7b731125b0c170bd) entnommen am 28.05.2013 um 13:09

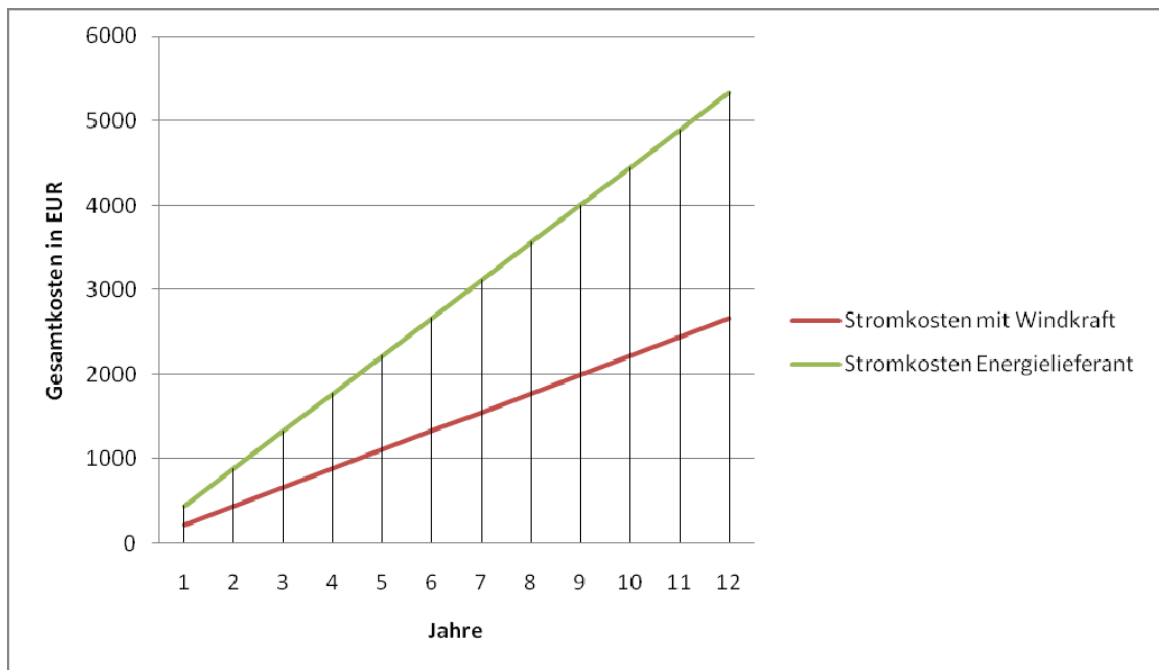


Abbildung 22: Gegenüberstellung der Stromkosten pro Einwohner

Quelle: Eigene Darstellung

6 Auswirkungen auf den Menschen und seine Umwelt

6.1 Einleitung

Wenn man von Energieerzeugung spricht, muss man heute auch ganz klar die Auswirkungen in Betracht ziehen, welche sich auf unsere Umwelt beziehen.

Speziell die WKA sind zwar nicht für die Verunreinigung unserer Atmosphäre verantwortlich, und sie erzeugen auch keine radioaktiven Abfälle, Kohlendioxyd, Schwefel oder Kohlenwasserstoffe, dennoch resultieren aus dem Betrieb für die Umwelt relevante Auswirkungen, die erwähnt werden müssen.

Betrachtet man die UA einzelner Anlagen, die sich auf die unmittelbare Umgebung konzentrieren, besteht schon bei der Standortwahl die Möglichkeit, die Umweltprobleme zu vermeiden. Ebenso dank langjähriger Erfahrungen und genauen Berechnungen ist es mittlerweile möglich, die Auswirkungen ziemlich exakt zu belegen. Dazu zählen die Geräuscentwicklung, der Schattenwurf, eventuelle Beeinträchtigungen von Funk und Fernsehen sowie die Auswirkungen auf die Tier- und Pflanzenwelt. Nicht zu vergessen ist ein weiterer Aspekt, welcher oft für großen Widerstand der Bevölkerung sorgt. Gemeint ist die optische Wirkung auf das Landschaftsbild, welches von jedem subjektiv betrachtet wird.

Zwar sind die globalen Auswirkungen für jeden einzelnen nicht unmittelbar feststellbar, so gilt trotzdem zu bedenken, dass jede von WKA erzeugte Kilowattstunde an elektrischer Energie gleichzeitig den Rückgang von fossilen Brennstoffen bedeuten kann und somit auch die damit verbundenen Emissionen für die Atmosphäre.⁶²

6.2 Geräuscentwicklungen von WKA

Es sollte einem bewusst sein, dass WKA nicht geräuschlos arbeiten. Das von ihnen erzeugte Betriebsgeräusch ist bis zu einer bestimmten Entfernung hörbar. Früher, bei den traditionellen Windmühlen gab es keinen Grund für Beschwerden, da dieses Geräusch als dumpf und nicht störend empfunden wurde. Anders heute, bei einigen modernen WKA, deren Geräuschemission einen technischen Ursprung hat.

⁶² Vgl. Hau, 2008, S.597.

Wichtig daher für die Hersteller in erster Linie ist es, die Geräuscentwicklungen durch Forschung und konstruktive Änderungen an Anlagenteilen zu minimieren. Für den Betreiber gilt es zu planen, welche Anlage im jeweiligen Gebiet zum Einsatz kommen wird, da die Emissionswerte je nach Anlagentyp variieren.⁶³

6.2.1 Kenngrößen und Immissionswerte

Um die spezifischen Geräuschquellen an WKA zu beschreiben, sollte man sich zunächst über die Kennwerte der Akustik im Klaren werden. Die Geräuscentwicklung und die daraus entstehende Wahrnehmung ist für alle Menschen subjektiv und somit ein Problem bei der Erstellung eines Beurteilungsmaßstabs. Die wohl wichtigste Kennzahl für Geräuschintensität am Ort der Wahrnehmung ist der Schalldruckpegel, welcher mit dem Symbol „dB(A)“ bezeichnet wird.⁶⁴

Der Schalldruckpegel ist gesetzlich vorgeschrieben und durch die Geräuschquelle, welche auch als „Dauerbelästigung“ bezeichnet wird, an einem bestimmten Ort definiert. In Deutschland etwa gelten die Richtwerte lt. DIN 45645-1, welche früher als „Technische Anleitung Lärm“ (kurz TA-Lärm) bezeichnet wurden. Nachfolgend einige Grenzwerte, welche von der Tageszeit und dem Umgebungscharakter abhängig sind:⁶⁵

- Umgebungen mit gewerblichen Anlagen
Tag: 65dB (A)
Nacht: 50 dB (A)
- Umgebungen mit gewerbl. Anlagen und Wohnungen
Tag: 60 dB (A)
Nacht: 45 dB (A)
- Vorwiegend Wohngebiete und Kleinsiedlungen
Tag: 55 dB (A)
Nacht: 40 dB (A)
- Ausschließlich Wohngebiete
Tag: 50 dB (A)
Nacht: 35 dB (A)

⁶³ Vgl. Hau, 2008, S. 602.

⁶⁴ Vgl. http://www.repoweringkommunal.de/fileadmin/user_upload/upload/Schall/wkalanrwgeraueschverhalten.pdf Entnommen am 07.04.2013 um 13:35 Uhr

⁶⁵ Vgl. <http://www.umweltbundesamt.de/laermprobleme/publikationen/talaerm.pdf>
Entnommen am 07.04.20.13 um 13:49 Uhr

Auch WKA müssen diese Vorschriften beachten. Wichtig dabei ist es, die natürlichen Umgebungsgeräusche mit der Zunahme der Windgeschwindigkeit mit einzubeziehen. Korrekt wäre daher eine sinnvolle Interpretation der zulässigen Immissionsrichtlinien in Abhängigkeit des „Störpegels“. Gemeint ist hier der Geräuschpegel, den die WKA über dem windabhängigen Hintergrundgeräusch erzeugt. Diese Hintergrundgeräusche entstehen durch die Umströmung von Hindernissen wie Gebäude, Bäume und auch Gras, und nehmen je nach Windgeschwindigkeit zu oder ab. Bei Zunahme der Windgeschwindigkeit m/s etwa steigt der Schalldruckpegel um etwa 2,5 dB (A) an.⁶⁶

Liegen ferner keine Messungen des Hintergrundpegels vor, so lässt sich der Hintergrundschallpegel L_A wie folgt berechnen:

$$L_A = 27,7 \text{ dB} + 2,5v_w \text{ dB}$$

Die Geräuschquelle selbst wird über den Schallleistungspegel L_W definiert. Durch diesen Kennwert erhält man Informationen über die Intensität und über das Ausbreitungspotenzial der Schallquelle.

(R_i = räumlicher Abstand vom Meßpunkt zum Rotormittelpunkt).

$$L_W = L_A + 10 \lg(4\pi R_i^2) \text{ dB (A)} - 6 \text{ dB (A)}$$

Wurde der Schallleistungspegel der Geräuschquelle ermittelt, so ist es möglich, mit halbempirischen Rechenverfahren den Schalldruckpegel $L_{A(i)}$ am Immissionsort zu berechnen, die allgemeine Formel zur Ermittlung der „Schallausbreitung im Freien“ erfolgt anhand der VDI Richtlinie 2714.⁶⁷

Schallimmission = Schallemission - Schallminderung

$$L_{Aeq}(s) = [L_{Waeq} + K_0 + D_I] - [D_s + \Sigma D]$$

$L_{Aeq}(s)$ - Mittelungspegel in der Entfernung s zur Quelle

L_{Waeq} - Schallleistungspegel der (Punkt)Quelle

K_0 - Raumwinkelmaß zur Berücksichtigung der Reflexionen

D_I - Richtwirkungsmaß zur Berücksichtigung der Abstrahlcharakteristik

D_s - Abstandsmaß (= Schallminderung aufgrund des Abstandes)

$$= 20 \log(s) + 11 \text{ dB}$$

s - Entfernung Schallquelle – Immissionsort [m]

11 dB - Schallpegelabnahme in 1 m bei Abstrahlung in den Vollraum

⁶⁶ Vgl. Hau, 2008, S. 604.

⁶⁷ Vgl. http://www.tuev-nord.de/cps/rde/xbcr/tng_de/8_Seeburg.pdf Entnommen am 11.04.2013 um 17:04 Uhr

ΣD - Schallminderung durch sonstige Effekte (Luftabsorptionsmaß, Boden- und Meteorologiedämpfungs- Bewuchsdämpfungs- und Bebauungsdämpfungsmaß, sowie Windeinfluß)

6.2.2 Die Geräuscentwicklung moderner Anlagen

Aufgrund von Erfahrung, Forschung und intensiver Detailoptimierung in den letzten zwei Jahrzehnten konnte die Geräuscentwicklung der WKA deutlich reduziert werden. Dies geht unter anderem auf die Einsicht der Herstellerfirmen zurück, welche die Problematik erkannt und akzeptiert haben.

Bei vielen Anlagen, gerade in der Nähe von Siedlungen, werden z.B., um die Geräuschemission so gering wie möglich zu halten, Kompromisse in der technischen Auslegung gemacht, die jedoch im Umkehrschluss auch spürbare Leistungsdefizite der Anlage mit sich bringen, nur um den Anforderungen an eine leise WKA gerecht zu werden.

In der heutigen Zeit ist der Schallleistungspegel von WKA gleich hinter der Leistungskennlinie der zweitwichtigste Wert. Deshalb ist es außerordentlich wichtig, dass sich Betreiber bzw. Käufer von WKA die Leistungsangaben der Hersteller durch neutrale Prüfzeugnisse bestätigen zu lassen. Speziell bei den Genehmigungsverfahren spielt das Schallgutachten, welches für jede Anlage eigens erstellt wird, eine tragende Rolle, damit die gesetzlichen Grenzwerte auch eingehalten werden.⁶⁸

Nachfolgende Abbildung zeigt einen Vergleich verschiedener Generationen von WKA in Abhängigkeit von Rotordurchmesser und Schallleistungspegel. Anhand der Kennlinien ist sehr gut sichtbar, wie stark sich die Geräuscentwicklung in den letzten Jahrzehnten reduziert hat.

⁶⁸ Vgl. Hau, 2008, S. 609.

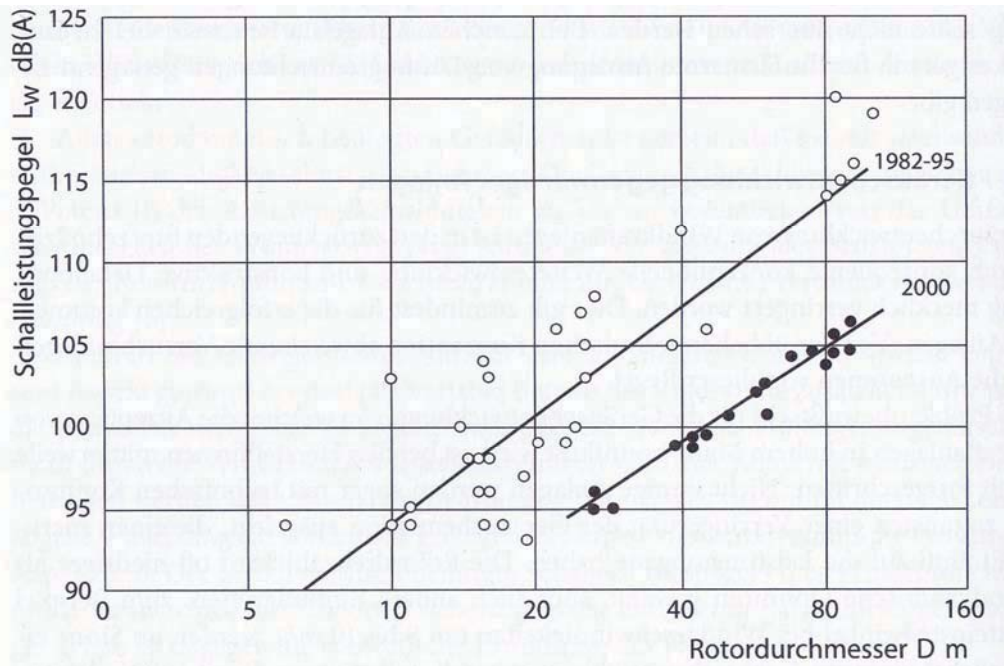


Abbildung 23: Vergleich des Schallleistungspegels von WKA.

Quelle: Hau, 2008, S. 610

Um eine Vorstellung der Schallausbreitung einer WKA zu erhalten, soll nachfolgende Grafik dienen. An Ihr soll gezeigt werden, wie stark der Schallleistungspegel einer Tacke TW-600 Windkraftanlage in Abhängigkeit der Entfernung, gemessen in Meter, vom Entstehungsort über eine bestimmte Distanz, abnimmt. Diese Berechnung basiert auf der Richtlinie der VDI 2714 und ist maßgebend für die Genehmigung in Wohngebieten.⁶⁹

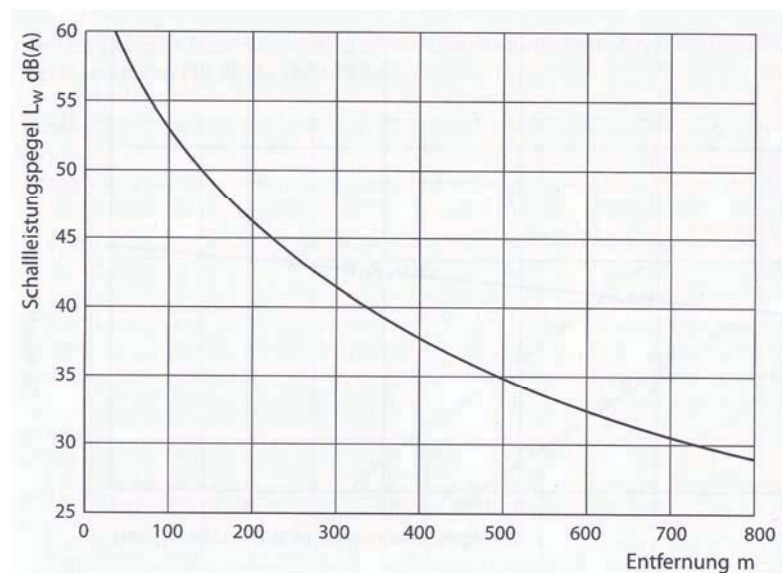


Abbildung 24: Abnahme des Schallleistungspegel zum Entstehungsort

Quelle: Hau, 2008, S.612

⁶⁹ Vgl. Hau, 2008, S. 612.

Fazit, die Optimierung der Anlagen wird auch weiterhin ein fester Bestandteil vieler Hersteller sein, um den Vorgaben der Gesetzgeber und den potenziellen Käufern zu entsprechen. Man sollte jedoch bedenken, dass die physikalischen Grundgesetze nicht umgangen werden können. An einem bestimmten Zeitpunkt wird es hinsichtlich der Geräuscentwicklung nichts mehr zu optimieren geben. In Zukunft sollte auch darauf geachtet werden, dass die Hersteller in Ihrer Absicht eine perfekte geräuscharme WKA zu entwickeln, nicht Gefahr laufen in einen Teufelskreis zu geraten. Es ist nur bis zu einem bestimmten Punkt wirtschaftlich, das Leistungspotenzial auf Kosten der Geräuscheinsparung zu dezimieren. Ebenso kann das Gute Image der Hersteller schnell verblassen, wenn, wie eben erwähnt, aus selbem Grund durch Einsparungen an technisch wichtigen Bauteilen, welche die Lebensdauer sowie Instandhaltungskosten beeinflussen, gespart wird. Ein schmaler Grat, welcher Qualität, Preis und Kundenwünsche vereinen soll, muss gefunden werden.

6.3 Der Schattenwurf, wie WKA die Erde verdunkeln

Genauso wie Gebäude und andere Objekte erzeugen auch WKA bei Sonnenschein einen Schatten. Dieser Effekt, tritt er bei still stehenden Objekten auf, ist im Grunde genommen nichts Außergewöhnliches, bei WKA kann der projizierte Schatten jedoch als sehr störend empfunden werden. Dies geschieht dann, wenn der Rotor in Bewegung ist und Sonnenlicht darauf trifft. Befinden sich dann noch Wohngebiete in der verlängerten Achse zwischen Sonneneinstrahlungswinkel und Rotorblatt, so wird von den Bewohnern der sogenannte Stroboskopeffekt wahrgenommen und von vielen als störend empfunden.⁷⁰

Schwieriger wird es bei mehreren Anlagen, also Windparks, hier besteht nämlich die Möglichkeit, dass sich der Schattenwurf auf einen Immissionspunkt konzentriert, den vorhin genannten Effekt überlagert und als Resultat mit einer erhöhten Frequenz auftritt. Es ist zwar nicht verboten, unterliegt jedoch bestimmten Grenzwerten.⁷¹

Von großer Bedeutung ist daher schon im Vorfeld eine gründliche Recherche und Berechnung des möglichen Schattenwurfs auf Wohngebiete. Mittels Simulationsprogramm kann eine Schattenwurfprognose erstellt werden, die den Tages- und Jahresverlauf der Sonne simuliert. Folgende Parameter sind dafür erforderlich:

⁷⁰ Vgl. <http://www.renewable-energy-concepts.com/german/windenergie/windbasiswissen/schattenwurf-schlag-kernschatten.html> Entnommen am 13.04.2013 um 09:49 Uhr

⁷¹ Vgl. Hau, 2008, S. 615.

- Breiten- und Längengrad des Aufstellungsortes der WKA
- Höhe über Normalnull
- Gesamthöhe der WKA
- Geländeinformation der Umgebung
- Höhendifferenz von Rotornabe und Immissionspunkt
- Die Sonne wird punktuell angenommen

Wie eben erwähnt, dürfen bestimmte Grenzwerte nicht überschritten werden, so gelten Beschattungszeiten von maximal 30 Stunden pro Kalenderjahr und maximal 30 Minuten pro Tag in einer Höhe von 2 Meter als nicht erheblich belästigend, gültig im Land Bayern.

Ergeben sich längere Beschattungszeiten bei Betrieb von ein oder mehrerer Anlagen an einem Immissionsort wie z.B. Wohnhaus oder Terrasse, so können diese Anlagen mit einer Abschaltautomatik ausgestattet und im Bedarfsfall abgeschaltet werden.⁷²

Als Beispiel einer Schattenwurfsimulation soll nachfolgende Grafik dienen:

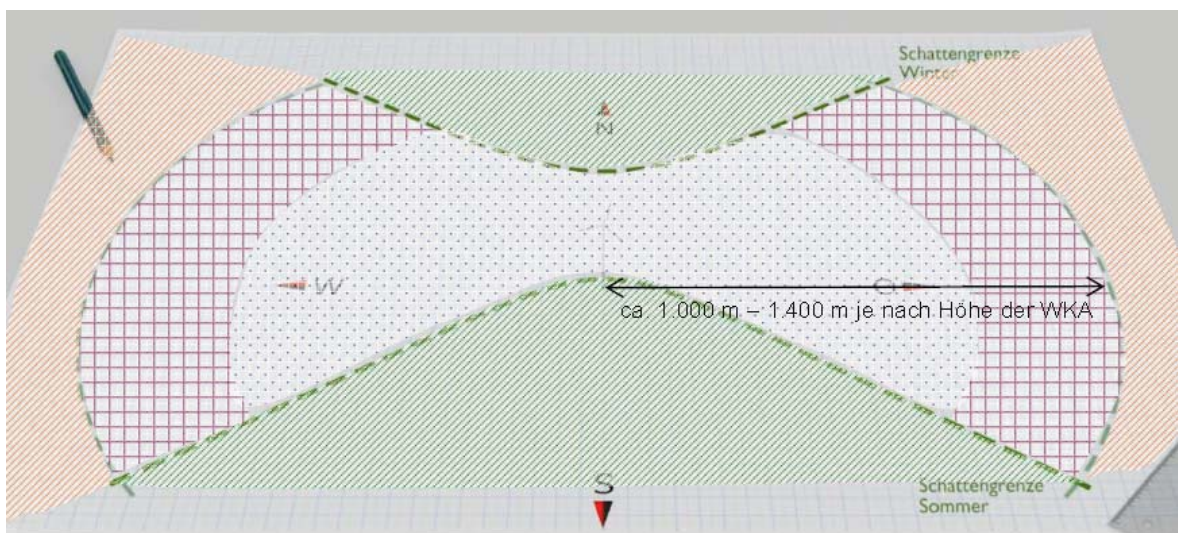


Abbildung 25: Ergebnis einer Schattenwurfsimulation

Quelle: <http://www.energieatlas.bayern.de/file/pdf/1099/Erl%C3%A4uterungen%20zur%20Schattensimulation%20von%20Windkraftanlagen.pdf>

⁷² Vgl. <http://www.energieatlas.bayern.de/file/pdf/1099/Erl%C3%A4uterungen%20zur%20Schattensimulation%20von%20Windkraftanlagen.pdf> Entnommen am 13.04.2013 um 10:20

Beschreibung der verschiedenen Bereiche:⁷³

- Im nördlichen grün-markierten Bereich, Schattengrenze Winter, tritt niemals Schatten auf.
- Im südlichen Teil der Schattengrenze Sommer, ebenfalls grün-markiert, tritt niemals ein bewegter Schatten auf.
- Südlich einer WKA ist zu keiner Jahres- und Tageszeit Schatten sichtbar.
- Im Osten und Westen über eine Distanz von 1000 bis 1400m, orange markiert, wird der Schatten einer WKA, welche eine Höhe von 150 bis 200m aufweist, immer diffuser und wird nicht mehr wahrgenommen.
- In der Simulation ist sichtbar, dass sich der Schatten einer WKA während der überwiegenden Tageszeit im Nahbereich der Anlage, also <800 m befindet.
- Der rotmarkierte Bereich zeigt den Schatten bei tiefstehender Sonne am Morgen und Abend, welcher innerhalb von ca. 1 Stunde durchschritten wird.

6.4 Einfluss auf Funkanlagen und Fernsehempfang

Genauso wie durch Berge und große Gebäude besteht die Möglichkeit, dass WKA die Übertragung und somit den Empfang von elektromagnetischen Wellen stören. Wird jedoch genau geplant und werden die örtlichen Gegebenheiten genau recherchiert, so können die Störeinflüsse auf Navigationseinrichtungen und Richtantennen, welche die Funkwellen gebündelt in eine bestimmte Richtung senden, vermieden werden.

Etwas anders stellt sich die Situation hinsichtlich dem Rundfunk und Fernsehempfang dar. Diese Störeinflüsse wurden, da sie praktisch überall genutzt wurden, genauer untersucht. In den USA beispielsweise fanden Auswertungen anhand der Versuchsanlagen der Type MOD-0 bis MOD-2 statt.

Resultat, der Rundfunkempfang war nicht gestört, wohl aber der Fernsehempfang.

In North Carolina etwa waren an die 30 Haushalte in einer Entfernung von ca. 2 Kilometern betroffen, Anlagentype war hier die MOD-1.

⁷³ Vgl. <http://www.energieatlas.bayern.de/file/pdf/1099/Erl%C3%A4uterungen%20zur%20Schattensimulation%20von%20Windkraftanlagen.pdf> Entnommen am 13.04.2013 um

10:55

Die Störungen bei den MOD-0 Anlagen, welche in Block Island bei New York aufgestellt waren, fielen merklich geringer aus.

Als Ursache konnten folgende 2 Hauptursachen für den gestörten Fernsehempfang ermittelt werden:⁷⁴

- Im ersten Szenario kann das Direktsignal durch die WKA gestört werden, sofern diese in der direkten Verbindungslinie von Sender und Empfänger platziert ist. Der Effekt ist im UHF-Band am stärksten.
- Als zweite Ursache ist die Reflexion zu nennen. Wie schon erahnt werden kann, wird hier das Direktsignal des Senders an der WKA gestört, sodass der im entsprechenden Reflexionswinkel liegende Empfänger ein zweites unerwünschtes Signal empfängt.

Nachfolgende Abbildung stellt den genannten Sachverhalt grafisch dar.

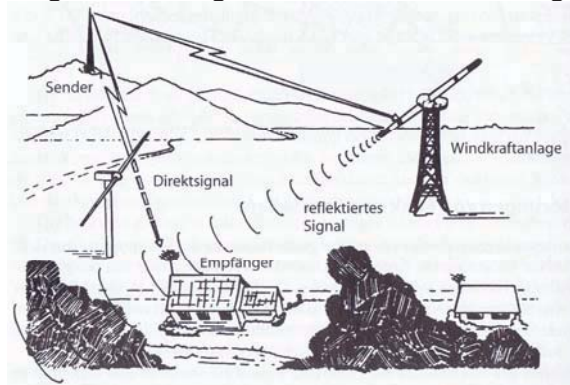


Abbildung 26: Störeinflüsse der WKA auf Fernsehsignale

Quelle: Hau, 2008, S. 618

Heut zu Tage stellen solche Störungen kein Problem mehr dar, da durch relativ einfache Maßnahmen Abhilfe geschaffen werden kann. Einerseits werden die Empfangsantennen besser ausgerichtet, und sollte das nicht genügen, wird durch kleine Hilfssender oder für einige wenige Fernsehempfänger mittels Verlegen eines Kabel das Problem beseitigt. In Zukunft jedoch werden auch diese Probleme der Vergangenheit angehören, da schon jetzt viele Sender die Programmausstrahlung digitalisiert haben.

⁷⁴ Vgl. Hau, 2008, S. 618.

6.5 Auswirkungen der WKA auf die Vogelwelt

Nachfolgendes Kapitel soll einen Aufschluss darüber geben, inwieweit die WKA den Lebensraum der genannten Tiere beeinflussen kann, und wie die Kollisionsraten der Greifvögel durch diese Studie gesenkt werden können.

Als Quelle dient die Studie des Michael-Otto-Institut von 2006, welche im Auftrag des Landesamtes für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein erteilt wurde. Es wird hier zwar das Repowering und dessen Auswirkungen angesprochen, also das Ersetzen der alten Turbinen oder der gesamten Anlage durch neue und effektivere WKA. Jedoch ändert dies nichts an der Tatsache, welchen Einfluss die WKA darauf haben.⁷⁵

6.5.1 Auswirkungen der WKA auf Vögel⁷⁶

Da die Untersuchungen sehr unterschiedlich ausgefallen sind, wurde für die Auswertung der Daten lediglich der positive oder negative Effekt der WKA berücksichtigt.

Als negativ wurden Bestandsrückgänge nach dem Bau der WKA und verminderte Bestände im Windpark angesehen.

Als positiv wurden daher die Bestandszunahmen bzw. erhöhte Bestände nach Bau von WKA gewertet.

Hinsichtlich der Brutzeit konnte z.B. für keine einzelne Vogelart ein negativer Effekt auf die Bestände ermittelt werden. Allerdings zeigte sich ein negatives Bild der WKA in Hinsicht auf die Wattvogelarten. Bei allen übrigen Arten waren die positiven und neutralen Effekte überwiegend.

Betreffend den Untersuchungen, welche außerhalb der Brutzeit stattgefunden haben, ergab sich für die WKA ein wesentlich schlechteres Bild, da die negativen Auswirkungen überwogen.

Fazit, die Auswirkungen auf brütende Vögel ist eher gering, die auf Gastvögel wesentlich höher. Speziell bei den Wattvögel muss mit Bestandsgefährdungen der brütenden Vögel durch WKA ausgegangen werden.

⁷⁵ Vgl. http://bergenhusen.nabu.de/imperia/md/images/bergenhusen/windkraft_endbericht.pdf

Entnommen am 20.04.2013 um 12:37 Uhr

⁷⁶ Vgl. Ebenda

6.5.2 Zusammenstoß von Vögel und WKA

Gerade in den Windparks kam es bei den Untersuchungen zu großen Streuungen bezüglich der Kollisionsraten. Wurden in einigen Parks fast keine oder keine Kollisionen gezählt, so gab es Windparks mit Kollisionsraten mit einer Häufigkeit von mehr als 60 pro Jahr und Turbine. Was jedoch bis jetzt nicht festgestellt wurde, waren Massenkollisionen, wie es beispielsweise bei Leuchttürmen vorkommt. Statistisch gesehen betragen die Opferraten weniger als 1 Vogel pro Turbine pro Jahr. Der Durchschnitt hat sich bei 6,9 toten Vögel pro Turbine pro Jahr angesiedelt.

Hauptaugenmerk dieser Untersuchung richtete sich auf die Frage, wie sehr die Kollisionshäufigkeit von der Größe der Anlage abhängig ist. Es stand die Befürchtung im Raum, dass die Anlagenhöhe einen wesentlichen Einfluss auf die Häufigkeit hat. Dies kann bei einer oberflächlichen Betrachtung nicht bestätigt werden.⁷⁷

Es gibt auch Beobachtungen, die zeigen, dass die Vögel, welche ihren Lebensraum seit längerem in Gebieten mit WKA haben, sich sehr schnell auf die Hindernisse, also die sich drehenden Rotorblätter, gewöhnt haben und diese umfliegen. Das wiederum trifft jedoch nicht auf Zugvögel zu. Aus Erfahrung kann allerdings gesagt werden, dass diese selten tiefer als 200 Meter fliegen und so kaum in die Kollisionshöhe gelangen.⁷⁸

Die oft vorgebrachten Zahlen der toten Vögel stehen allerdings in keinem Verhältnis zu jenen, welche Opfer im Straßenverkehr werden. Nichts desto trotz müssen auch diese Opferzahlen weiterhin minimiert und auch in diesem Bereich Forschungen betrieben werden, um dies zu erreichen. Des weiteren stellt sich auch hier die wichtige Frage der richtigen Standortwahl. Grüne erneuerbare Energie darf nicht auf Kosten der Tierwelt erfolgen, das ist nicht vertretbar.

⁷⁷ Vgl. http://bergenhusen.nabu.de/imperia/md/images/bergenhusen/windkraft_endbericht.pdf

Entnommen am 20.04.2013 um 13:11 Uhr

⁷⁸ Vgl. Hau, 2008, S. 620.

Land	Windpark	Habitat	Kollisionen / Turbine / Jahr	Bemerkungen	Quellen
Australien	Tasmania	Küste	1,86		Hydro Tasmania
Belgien	Boudewijnkanaal te Brugge	Feuchtgebiet	35	weitere Studien in anderen Jahren	Everaert et al., 2003
Belgien	Elektrizitätszentrale te Schelle	Feuchtgebiet	18	weitere Studien in anderen Jahren	Everaert et al., 2003
Belgien	Gent	Industriegebiet	2		Everaert in litt
Belgien	Kleine Pothoekweg, Brugge	Industriegebiet	32		Everaert in litt
Belgien	Kluizendok, Gent	Industriegebiet	8		Everaert in litt
Belgien	Nieuwkapelle, Diksmuide	Feuchtwiese	1		Everaert in litt
Belgien	Oostdam te Zeebrugge	Feuchtgebiet	24	weitere Studien in anderen Jahren	Everaert, Devos & Kuijken, 2003
Dänemark	Tjaerborg	Feuchtgebiet	3		Pedersen & Poulsen, 1991b
Deutschland	Braklumer Koog	Acker	>7,5	Untersuchungszeit kürzer als 1 Jahr!	Grünkom et al., 2005
Deutschland	Bremerhaven-Fischereihafen	Feuchtgebiet	9		Schomer, 1999b
Deutschland	Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog	Acker	>2,6	Untersuchungszeit kürzer als 1 Jahr!	Grünkom et al., 2005
Deutschland	Simonsberger Koog	Acker	>2,2	Untersuchungszeit kürzer als 1 Jahr!	Grünkom et al., 2005
Niederlande	Kreekrak sluice	Feuchtgebiet	3,7		Musters et al., 1996
Niederlande	Oosterbierum	Grünland	1,8		Winkelman, 1992a
Niederlande	Urk	Küste	1,7		Winkelman, 1989
Österreich	Obersdorf	Waldrand, Acker	1,49		Traxler et al., 2005
Österreich	Prellenkirchen	Acker	13,93		Traxler et al., 2006
Österreich	Steinberg-Prinzendorf	Waldrand, Acker	2,99		Traxler et al., 2004
Schweden	Näsudden	Grünland	0,7		Percival, 2000
Spanien	Alaiz-Echague	Gebirgsrücken	3,56		Lekuona, 2001
Spanien	E3, Energía Eólica del Estrecho	Gebirgsrücken	0,03		Barrios & Rodriguez, 2004; SEO, 1995
Spanien	El Perdón	Gebirgsrücken	64,26		Lekuona, 2001
Spanien	Guennda	Gebirgsrücken	8,47		Lekuona, 2001
Spanien	Izoo-Albar	Gebirgsrücken	22,63		Lekuona, 2001
Spanien	PESUR, Parque Eólico del Sur und Parque und Parque Eólico de Levantera	Gebirgsrücken	0,36		Barrios & Rodriguez, 2004; SEO, 1995
Spanien	Salajones	Gebirgsrücken	21,69		Lekuona, 2001
Spanien	Tanfa		0,03		Janes, 2000
UK	Blyth	Feuchtgebiet	1,34		Still et al., 1996
UK	Bryn Tydi	Moor, Grünland	0		Phillips, 1994
UK	Bugar Hill, Orkney	Moor, Grünland	0,15		Percival, 2000
UK	Cemmaes	Moor, Grünland	0,04		Percival, 2000
UK	Haverigg, Cumbria	Moor, Grünland	0		Percival, 2000
UK	Ovenden Moor	Moor, Grünland	0,04		Percival, 2000
USA	Altamont	Gebirgsrücken	0,87	weitere Studien in anderen Jahren	Smallwood & Thelander, 2004
USA	Buffalo Ridge	Grünland	0,98	weitere Studien in anderen Jahren	Erickson et al., 2001
USA	Foot Creek Rim	Prärie	1,75	weitere Studien in anderen Jahren	Erickson et al., 2001
USA	Green Mt, Searsburg	Gebirgsrücken	0		Erickson et al., 2001
USA	IDWGP, Algona	Gebirgsrücken	0		Erickson et al., 2001
USA	Mountaineer	Gebirgsrücken	4,04		Kerns & Kerlinger, 2004
USA	Nine Canyon Wind Project	Prärie	3,59	weitere Studien in anderen Jahren	Erickson et al., 2003
USA	San Gorgino	Gebirgsrücken	2,31		Erickson et al., 2001
USA	Solano County	Gebirgsrücken	54		Erickson et al., 2001
USA	Somerset County	Gebirgsrücken	0		Erickson et al., 2001
USA	Top of Iowa	Prärie	0,415		Kotford et al., 2003
USA	Vansycle	Acker, Grünland	0,63	weitere Studien in anderen Jahren	Erickson et al., 2001

Abbildung 27: Opferraten der Vögel durch WKA pro Jahr pro Turbine

Quelle: http://bergenhusen.nabu.de/imperia/md/images/bergenhusen/windkraft_endbericht.pdf

7 Energiegenossenschaften und deren Projektfinanzierung

7.1 Einleitung

In diesem Kapitel werden die Schritte betrachtet, welche es ermöglichen, eine Einkaufsgemeinschaft zu bilden und erneuerbare Energie selbst zu produzieren, um so einen weiteren Schritt in die Unabhängigkeit der großen Energieversorger zu machen.

Wichtige Themen, wie Anforderungen an das Management, die Rechts- und Steuerberatung, werden beschrieben und sollen einen Einblick liefern, mit welchen zusätzlichen Tätigkeitsfeldern zu rechnen ist. Es soll auch Aufschluss darüber geben, wie die Gründung, Führung und Beratung eingetragener Genossenschaften (eG) vollzogen wird, und klärt ebenso über Finanzierung und Projektmanagement auf.

Ein notwendiger Schritt, um erneuerbare Energien nutzen zu können, ist die Nutzung der bisher ausgebauten Stromnetze. Es sollte auch nicht ein zu großes Augenmerk auf den Ausbau der Versorgungsnetze gelegt werden, wie von vielen angenommen. Warum, ein wichtiges Detail, an das nicht alle denken, ist der Ablauf der Betreiberlizenzen der 4 großen Versorger in Deutschland, RWE, Vattenfall, Eon und EnBW. Diese gehen nämlich in den nächsten Jahren wieder in den Besitz der Stadtwerke über, und so endet für diese vier deren Monopolstellung am Markt. Der Einstieg für viele Energiekommunen in das Energie-Business ist daher so attraktiv wie nie. Derzeit und in den nächsten Jahren laufen ca. 3000 Konzessionsverträge aus, die von Städten und Gemeinden an private Energieversorger ausgegeben wurden. Früher beschäftigten sich Kommunen weniger mit dem Thema der eigenen Energieversorgung, es wurde schlicht als lästig und zu hoher Aufwand empfunden, der Verkauf der Netze allerdings war eine gern genutzte Einnahmequelle. Als erster Schritt wird daher die Netzübernahme geplant, denn damit können viele Städte und Gemeinden ihre Klimabilanz verbessern, den Ökostrom am Markt einkaufen oder selbst produzieren und über die eigenen Netze vertreiben. Grundvoraussetzung für den Verkauf ist ein eigener Vertrieb und natürlich der Besitz eigener Anlagen zur Energieproduktion.⁷⁹

⁷⁹ Vgl. Staab, 2013, S. 7.

Ein vorprogrammiertes Ereignis, welches sich in den letzten Jahren für viele Konsumenten am eigenen Geldbeutel gezeigt hat, ist, dass aufgrund der ablaufenden Konzessionen der Energieversorger die Preise für beispielsweise Strom stark gestiegen sind und sie sich hier noch einmal kräftig bereichern werden.

7.2 Gründung einer Genossenschaft

7.2.1 Geschichtlicher Rückblick des Genossenschaftswesens

Das Genossenschaftswesen blickt auf eine sehr lange Geschichte zurück. Der Grundgedanke zur Entstehung einer Genossenschaft war es, eine wirtschaftliche Zusammenarbeit bei gesellschaftlichen, rechtlichen oder politische Rahmenbedingungen zu ermöglichen. Es gab immer schon den Wunsch nach einer Gemeinschaftsbildung, die den genossenschaftlichen Gedanken verkörpert, auch wenn sich die Art und Weise von damals zu heute stark verändert hat.

Geht man in der Geschichte zurück in das alte Ägypten, so gab es dort schon Steuerpachtgenossenschaften für Wein- und Obstgärten. Im alten Israel waren z.B. genossenschaftliche Zusammenschlüsse von wandernden Kleinviehzüchtern und Fischern bekannt, und im römischen Reich gab es zahlreiche Vereine und Verbände, die sogenannten Collegien, hier waren Schiffer, Handwerker, Ärzte und Künstler zusammengeschlossen.⁸⁰

In der heutigen Zeit gehört die Genossenschaft vom Wesen her zu den Vereinen. Ein essentieller Unterschied besteht jedoch darin, dass eine Genossenschaft wirtschaftliche Zwecke verfolgt und auch am Geschäftsverkehr beteiligt ist. Die Vorschriften des Bürgerlichen Gesetzbuches, welches fast ausschließlich für nicht wirtschaftliche Vereine gilt, kann daher nicht in Betracht gezogen werden.⁸¹

⁸⁰ Vgl. Staab, 2013, S. 14.

⁸¹ Ebenda, S. 18 f.

Die nachfolgende Tabelle gibt daher einen interessanten Überblick in Bezug auf die besondere Stellung einer Genossenschaft, verglichen mit Personengesellschaft und Kapitalgesellschaft:

Element	Personengesellschaft	Genossenschaft	Kapitalgesellschaft
Gesellschaftszweck	Jeder erlaubte Zweck	Förderung der Mitglieder	Jeder erlaubte Zweck
Gesellschaftsvermögen	Kapitalbeiträge der Gesellschafter und Rücklagen als gemeinsames Vermögen der Gesellschafter (Gesamthandsvermögen)	Kapitalbeiträge: kündbar Rücklagen: gemeinsames Vermögen der Gesellschafter	Festes, in Aktien zerlegtes Grundkapital als Vermögen der Gesellschaft für die Dauer ihres Bestehens
Organisationsstruktur	Vertragsfrage, im Gesellschaftsvertrag zu regeln	Körperschaftliche Verfassung, Satzung, Organe	Körperschaftliche Verfassung, Satzung, Organe
Mitgliedschaftsrechte	Personenbezogen, Kopfstimmrecht, Rechte auf Teilnahme und Teilhabe	Personenbezogen, Kopfstimmrecht, Rechte auf Teilnahme und Teilhabe	Kapitalbezogen, Kapitalstimmrecht, Kapitaldividende, in Aktie als Wertpapier verbrieft.
Mitgliedschaftspflichten	Persönliche Mitwirkung und/oder Kapitalbeitrag für die Dauer der Gesellschaft	Persönliche Mitwirkung und Kapitalbeitrag für die Dauer der Mitgliedschaft, Nutzung der genossenschaftlichen Einrichtungen	Leistung des Kapitalbeitrags, keine weiteren Pflichten
Mitgliederwechsel	Löst in der Regel die Gesellschaft auf	Möglich und typisch	Möglich und typisch
Beendigung der Mitgliedschaft	Löst in der Regel die Gesellschaft auf	Kündigung mit Kündigungsfrist, Ausschluss u. a.	Verkauf der Aktie
Prüfung	Vertragsfrage	Gesetzlich vorgeschrieben, Verbandsprüfung, formelle und materielle Prüfung mit Bewertung der Erfüllung des Förderzwecks	Gesetzlich vorgeschrieben durch Wirtschaftsprüfer, formelle Prüfung der Gesetzmäßigkeit und Ordnungsmäßigkeit

Abbildung 28: Vergleich Genossenschaft mit anderen Rechtsformen

Quelle: Staab, 2013, S. 19

Die Boston Consulting Group geht davon aus, dass die dezentrale Stromerzeugung bis 2020 ca. 40% der installierten Kraftwerkskapazität erreichen wird. Für die Gründung neuer Energiegenossenschaften entstehen dadurch zukunftsweisende Aussichten. Allein bis Ende 2012 gab es auf diesem Sektor bereits mehr als 80000 Mitglieder, die rund 800 Mio. Euro investiert haben.

Die Tatsache, dass alle Genossenschaftsmitglieder das gleiche Stimmrecht haben, gibt Grund zur Hoffnung, dass nicht einzelne Mitglieder, beeinflusst durch andere Interessen, dem Vorhaben der Mehrheit manipulativ entgegenwirken.⁸²

⁸² Vgl. Staab, 2013, S. 20.

7.2.2 Gründung einer Interessensgemeinschaft

Zunächst muss einmal geklärt werden, ob es mehrere Personen gibt, die ebenfalls Interesse haben, sich zum Thema dezentrale Energieversorgung einbringen wollen.

Erreicht werden potenzielle Personen in der Region am einfachsten durch Informationsveranstaltungen, welche durch Gemeindeblätter angekündigt werden.

Bei der Veranstaltung selbst wird dann durch Vorstellung der Idee, einer darauf folgenden Frage und Antwortrunde und der daraus resultierenden Reaktion der Teilnehmer festgestellt, ob es sinnvoll ist, eine Interessensgemeinschaft (abgekürzt IG) zu bilden.⁸³

Kommt es zu einer Interessensgemeinschaft, so sollten zunächst Arbeitsgruppen gebildet werden, die in darauffolgenden gemeinsamen Sitzungen verschiedene Themen besprechen. Besteht beispielsweise das Interesse, sich der Erzeugung von Strom mittels Windkraftanlagen zu widmen, so könnte man Gruppen bilden die sich mit den Themen „Öffentlichkeit“, „Windkraft“ und „Finanzierung“ beschäftigen. Es ist zudem sehr wichtig dass sich möglichst viele Bürger daran beteiligen und somit das Projekt aktiv vorantreiben.

Geht man auf die einzelnen Arbeitsgruppen näher ein, so könnte sich diese welche sich dem Thema der Technik angeschlossen hat, in erster Instanz mit dem zusammentragen von Informationen zu seriösen Ingenieurbüros auseinandersetzen. Beim Thema Windkraft könnte auch recherchiert werden, ob es in anderen Gemeinde ähnlich Projekte gibt und sich mit dem jeweiligen Bürgermeister oder Gründer zusammenschließen, um weitere wichtige Informationen aus erster Hand zu beziehen. Als nächster Schritt wäre es auch sinnvoll, eine Machbarkeitsstudie zum geplanten Vorhaben in Auftrag zu geben. Ist dies geschehen, das Ergebnis positiv und die Interessensgemeinschaft noch immer von ihrer Idee überzeugt, kann es sinnvoll sein, eine Vorgesellschaft zu gründen. In dieser wird das Thema schon konkreter behandelt, und erste Strukturen sind zu erkennen, die nachfolgende Ziele thematisieren:⁸⁴

Schaffung fester Arbeitsstrukturen, legitimieren der handelnden Personen und eine Regelung zur Entscheidungsfindung vereinbaren.

Präsentationen mit Herstellern von Windkraftanlagen vereinbaren

Vorbereiten einer Betreibergesellschaft und Einberufung von deren Gründungsversammlung

⁸³ Vgl. Staab, 2013, S. 23.

⁸⁴ Ebenda S. 24.

Da bei der Vorgesellschaft verschiedene Rechtsformen möglich sind, ist es zunächst ratsam, eine Rechtsform zu wählen, die keine zu hohen Kosten verursacht und die relativ einfach und ohne viel Aufwand zu gründen ist.

Eine Form, die alle diese Aspekte vereint, wäre die Gesellschaft bürgerlichen Rechts (GbR). Hier tragen die Eigner das ganze Risiko.⁸⁵ Kommt es im weiteren Projektverlauf zu Aufnahme der Geschäftstätigkeit, so sollte darüber nachgedacht werden, eine andere Gesellschaftsform zu gründen, und zwar die der eingetragenen Genossenschaft (eG).

7.2.3 Die Gründung einer eingetragenen Genossenschaft (eG)

Ist die Entscheidung nach der Anfangsphase auf eine Betreibergesellschaft gefallen, so ist es ratsam, strategisch vorzugehen und sich mit folgenden Fragen auseinanderzusetzen:⁸⁶

- Was sind die Ziele, welche die Genossenschaft für ihre Mitglieder erreichen soll?
- Hat man sich über die wirtschaftlichen und unternehmerischen Aspekte genau informiert?
- Wer besetzt die Stellen des Vorstandes und Aufsichtsrates?
- Was wird alles bei der Generalversammlung entschieden?
- Welche Regelungen im Reglement und der Geschäftsordnung werden getroffen?

Sind alle diese Fragen beantwortet, die Unternehmensidee ebenfalls weiterentwickelt worden und erste Partner gefunden, die an dem Projekt Interesse zeigen, so sollte ein wirtschaftliches Konzept erstellt werden. Mit Hilfe des nachfolgenden Leitfadens zur Erstellung eines Geschäftsplans wird beschrieben, wie eine Unternehmensgründung funktionieren kann.⁸⁷

1) Die Geschäftsidee

Es ist zu überlegen, wer mit dieser überzeugt werden soll. Der Mitglieder nutzen, das Marktpotenzial, Machbarkeit/Umsetzung und der wirtschaftliche Erfolg müssen gegeben sein.

⁸⁵ Vgl. http://genos.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/genossenschaftswesen/Genos/bd25.pdf

Entnommen am 02.05.2013 um 13:14 Uhr

⁸⁶ Vgl. Staab, 2013, S. 25.

⁸⁷ Ebenda S. 26 f.

- 2) Unternehmensziele/Förderzweck
Beschreibung der Vorteile und Ziele für Genossenschaftsmitglieder. Unterscheidung von generellem Zweck sowie der Förderung wirtschaftlicher sozialer und kultureller Interessen der Mitglieder. Klärung der Frage, wo sich die Genossenschaft in den nächsten Jahren sieht.
- 3) Die Gründungsmitglieder
Wer kann was bzw. wer hat welches Talent. Es soll ermittelt werden, welche Person für welche Stelle qualifiziert ist, Bsp.: Vorstand und Aufsichtsrat. Die Auflistung der Lebensläufe gehört ebenfalls zu diesem Punkt.
- 4) Vorschriften und Geschäftsordnung
Hier wäre es ratsam, die Gründungsberater des Prüfungsverbandes mit einzubinden, da diese gerade bei rechtlichen Konzepten über eine langjährige Erfahrung verfügen.
- 5) Marketing und Vertrieb
Wichtig, laufende Beobachtung des Wettbewerb und der Analyse des Marktes. Angabe von plausiblen Argumenten, warum jemand Mitglied einer neu gegründeten Genossenschaft werden soll.
- 6) Organisation und Personal
Folgendes muss geklärt werden, damit ein reibungsloser Ablauf garantiert werden kann:
 - *Welche Aufgaben entstehen und wie werden diese von der Genossenschaft bewältigt?*
 - *Wie erfolgt die Betriebsorganisation?*
 - *Wer ist für Auftragsbeschaffung und Abwicklung zuständig?*
 - *Bereitstellung von Personal, wer und wie viele?*
 - *Welche besonderen Qualifikationen sind bereitzustellen?*
 - *Was tun, wenn bestimmte Bereiche nicht durch „Eigenpersonal“ besetzt werden können?**Man sollte nicht den Fehler begehen, alles selbst erledigen zu wollen, da viele der Gründer selbst berufstätig sind und eine Überlastung derer für das Projekt sogar kontraproduktiv sein könnte.*
- 7) Wie verlaufen die ersten Geschäftsjahre
Auch über folgende Ziele sollten man sich im Klaren sein:
 - *Umsatz- und Ertragsentwicklung*
 - *Personalbedarf und Kosten*
 - *Investitionsplan*

- *Bilanzvorschau*
- *Administrativer Aufwand für Buchhaltung, Inventar und Zahlungsverkehr*
- *Erarbeiten von Planbilanzen*
- *Wann übersteigen die Erträge die Kosten -> Break-even-Analyse*
- *Man sollte sich im Klaren sein, dass gerade in den ersten Jahren der Neugründung Verluste zu überwinden sind. Diese sollten sich jedoch im dritten Jahr kompensieren.*

8) Risikoabschätzung und Absicherungsstrategie

Angabe von 2 möglichen Szenarien, in der Regel geht man hier vom „normal case“ und „worst case“ aus.

Absprache der möglichen Risiken mit einer Versicherung und Absicherung durch ein geeignetes Paket.

9) Die Finanzierung

Um nicht gleich, wie statistisch belegt, Insolvenz aufgrund von Liquiditätsproblemen anmelden zu müssen, ist es sehr wichtig, genug Kapital vorweisen zu können, sei es in Form von Eigen- oder Fremdkapital. Hilfreich kann dafür eine Drei-Jahres-Planung und eine detaillierte Planung des ersten Geschäftsjahres sein. Gerade in der Anfangsphase läuft die Finanzierung über die Mitglieder der Genossenschaft.

10) Businessplan-Controlling

Der nun erstellte Geschäftsplan dient nicht nur zur Kontrolle der Unternehmensentwicklung, er gibt auch Aufschluss über die geplanten Ziele und informiert Aufsichtsgremien, Finanzierungspartner und Kapitalgeber. Wichtig ist daher:

- *die laufende Kontrolle des Businessplans, welche zeitlich festgelegt wird.*
- *Info über die Art der Unternehmenssteuerung und Kontrolle.*
- *Sowie Weiterentwicklung der Unternehmensziele.*

Nachdem der Geschäftsplan erstellt wurde, werden als nächstes die rechtlichen Konzepte miteinbezogen. Bei Genossenschaft erfolgt dies hauptsächlich über die Vorschriften/Statuten. In der Regel wird für dieses juristische Thema ein Rechtsanwalt hinzugezogen. Ist dieser Punkt ebenfalls abgeschlossen, so erfolgt bei der Gründungsversammlung die Gründung der Genossenschaft. Hier werden die Personen über die wirtschaftlichen Konzepte und rechtlichen Rahmenbedingungen aufgeklärt. Danach erfolgt die Unterzeichnung der Vorschriften/Statuten durch die Gründungsmitglieder. Geprüft wird dies durch den genossenschaftlichen Prüfungsverband, welchem die Gründungsunterlagen zur Begutachtung vorgelegt werden. Verläuft die Begutachtung positiv, so erfolgt im letzten Schritt die Eintragung in das Genossenschaftsregister.⁸⁸

⁸⁸ Vgl. Staab, 2013, S. 30.

7.3 Grundlagen der Projektfinanzierung und Risikomanagement

Ist nicht genug Eigenkapital vorhanden, so ist es naheliegend, sich zur Realisierung eines Projektes für eine Fremdfinanzierung zu entscheiden.

Klar ist, dass, je aufwändiger und umfangreicher das geplante Projekt ist, auch die Chancen auf Erfolg und Risiko für alle Beteiligten steigen. Deshalb sollte es im Interesse aller sein, die Chancen und Risiken gleichermaßen zu verteilen. Ziel ist, es die Rückzahlungsmodalitäten dem zu erwartenden Cashflow anzupassen und die gleichzeitige Risikoaufteilung auf alle Projektbeteiligten. So erhält man die gewünschte Struktur einer Projektfinanzierung.⁸⁹

Damit die Fremdfinanzierung nicht scheitert, ist es unumgänglich, die Investoren davon zu überzeugen, dass es sich bei diesem Geschäft um eine seriöse, in sich geschlossene wirtschaftliche Einheit handelt und der Investor mit einer für ihn lukrativen Eigenkapitalverzinsung rechnen kann. Gleiches gilt im Grund für die Banken, auch sie müssen davon überzeugt sein, das verliehene Kapital im vereinbarten Zeitraum wieder zu bekommen.⁹⁰

Die nachfolgende Abbildung zeigt die gängigsten Beteiligten einer Projektfinanzierung.

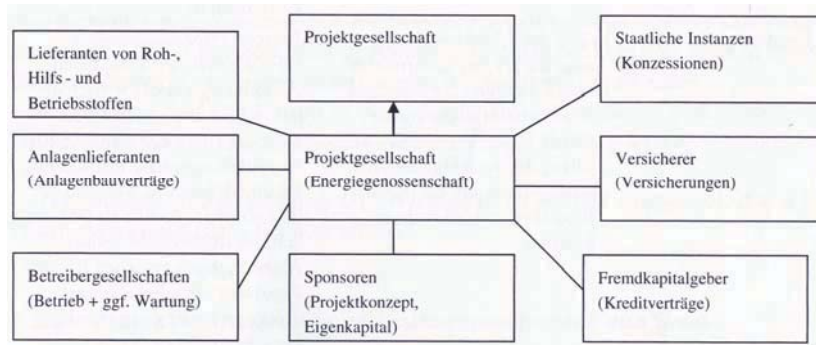


Abbildung 29: Beteiligte einer Projektfinanzierung

Quelle: Staab, 2013, S. 99

⁸⁹ Vgl. <http://www.oekb.at/de/exportservice/finanzieren/projekt-und-strukturierte-finanzierungen/seiten/default.aspx> Entnommen am 03.05.2013 um 11:13 Uhr

⁹⁰ Vgl. <http://www.daswirtschaftslexikon.com/d/projektfinanzierung/projektfinanzierung.htm> Entnommen am 03.05.2013 um 11:27 Uhr

Warum gibt es also Projektfinanzierungen? Am einfachsten ist es anhand der Vorteile der Kapitalgeber zu erklären. Betrachtet man die beiden Kapitalgebergruppen selektiv, so wird klar, dass diese gerade bei der Ausgestaltung der Kreditverträge unterschiedliche Ziele verfolgen. Der Grundgedanke beider liegt jedoch an der positiven Entwicklung des Projekts.

Alle anderen Projektbeteiligten, speziell die Projektgesellschaft, ist zwar für die Funktion der Projektfinanzierung nicht wegzudenken, für den Abschluss jedoch nicht verantwortlich. Ihre Rolle ist es, die Idee an sich umzusetzen und die geforderten wirtschaftlichen Ziele zu erreichen.⁹¹

Zu guter Letzt entscheiden jedoch die Kapitalgeber, ob es zu einer für die Energiegenossenschaft erhofften Projektfinanzierung kommt oder nicht. Es ist ein schmaler Grat zu beschreiten, um die Interessen beider Geldgeber zu vereinen, nämlich Sicherheit für die Banken und eine angemessene Eigenkapitalverzinsung der Sponsoren.

	Eigenkapitalgeber (Sponsoren)	Fremdkapitalgeber (Bank)
Begrenzte Haftung	Ja, im Regelfall der Limited-Recourse-Finanzierung, danach haftet das Projekt	
Risikoisolierung und Risikoallokation	Risikoallokation (Verteilung von Risiken zwischen Projektbeteiligten) ermöglicht Reduzierung des Gesamtrisikos auch aus Sicht der Sponsoren, sodass sich klar definierte Risiko-Verantwortliche ergeben.	Zweiseitiges Verhältnis: 1. Kreditgeber muss ein isoliertes Individualrisiko, aber kein Globalrisiko eines Unternehmens bewerten. 2. Neben der reinen Cashflow-Betrachtung des Projektes ist die Risikoallokation entscheidend dafür, wie die Projektqualität einzuschätzen ist.
Kontrollmöglichkeiten	Ein Ziel der Sponsoren mag sein, die für ihre unternehmerische Tätigkeit notwendigen Kredite nicht in die eigene Bilanz, sondern innerhalb der Bilanz der Projektgesellschaft auszuweisen, um die eigenen Bilanzkennzahlen nicht zu belasten.	Verbesserte Informationsbasis: Über die üblichen Unterlagen zur Offenlegung der wirtschaftlichen Verhältnisse erhält die Bank üblicherweise während der Fertigstellungsphase fortlaufende Baustandsberichte, während der Betriebsphase mehrmals jährlich Betriebsberichte, sodass Abweichungen zwischen Ist- und Plandaten schneller als sonst üblich im Kreditgeschäft erkennbar sein sollten.
Ertragskomponenten	Freie Cashflows fließen üblicherweise als Ausschüttungen in die Gewinn- und Verlustrechnung der Sponsoren, während die operativen Kosten des Projektes auch von diesem getragen werden müssen.	Durch die Orientierung wesentlich am Cashflow als einziger Quelle der Kreditbedienung sind die geforderten Margenbestandteile üblicherweise etwas höher als bei Unternehmenskrediten. Zusätzlich erhält die Bank Erfolgsbeiträge, die nicht im Zusammenhang mit der Kreditgewährung stehen (z. B. Beratungsentgelte).

Abbildung 30: Vorteile der jeweiligen Kapitalgeber

Quelle: Staab, 2013, S. 100

⁹¹ Vgl. Staab, 2013, S. 98-100.

Der Risikomanagementprozess:⁹²

Identifikation -> Bewertung -> Reduktion -> Zuteilung

Auch für die Genossenschaft, also den Vorstand, kann es hilfreich sein zu erfahren, welche Risiken für die Kapitalgeber (Banken) von Bedeutung sind und wie diese geprüft werden, da diese von beiden Seiten identifiziert und bewertet werden können.

Nachfolgend wird ein grober Überblick über die Bestandteile des Risikomanagements erläutert:

An erster Stelle steht das Erkennen der jeweiligen Risiken. Erst dann können Maßnahmen zur Entschärfung gesetzt werden. Als nächstes sollte man sein Hauptaugenmerk auf die Identifikation der Risiken richten und die vorhandenen Einflussfaktoren, die im Laufe einer Projektfinanzierung entstehen, konsequent untersuchen. Danach muss die Bewertung der Risiken, welche einen Einfluss auf den Cashflow haben könnten, durchgeführt werden und, daraus resultierend, die Risikofolgen dokumentiert werden, damit diese nicht noch einmal entstehen. Schließlich gelangt man zum vorletzten Schritt im Risikomanagementprozess und zwar der Reduktion der identifizierten Risiken. Ziel ist es, diese mit geeigneten Hilfsmitteln auf ein Minimum zu reduzieren. Ein oft genannter Begriff in diesem Zusammenhang ist die Risikoallokation: Hier wird untersucht, ob und in welchem Ausmaß das identifizierte Risiko den Projektbeteiligten zugeteilt werden soll und ob ein Restrisiko für den jeweiligen Kapitalgeber verbleibt. Ausschlaggebend bei der Zuteilung ist es, ob das Restrisiko für den Risikoträger kontrollierbar ist und ob Impulse zur Förderung des Projekts gemacht werden.

⁹² Vgl. Böttcher, 2009, S. 1-88.

7.4 Versicherungsformen für Windkraftanlagen

Wie bei allen Dingen, die einen hohen finanziellen oder für manche persönlichen Wert besitzen, empfiehlt es sich, diese gegen Diebstahl oder Beschädigung zu versichern. Deshalb ist es auch bei WKA nicht anders. Auch hier gibt es unzählige Gefahren, die dem Betreiber einer Millionen Euro teuren Anlage finanziell schwer zusetzen können.

Als erste aller Versicherungsformen ist die „Allgefahren-Sachversicherung“ zu nennen. Hier sind alle unvorhersehbaren Schäden versichert, sofern eine Gefahr nicht ausdrücklich vom Versicherungsschutz ausgenommen ist. Nicht vorhersehbare Schäden sind solche, die der Versicherungsnehmer weder rechtzeitig noch mit dem für den Betrieb erforderlichen Fachwissen hätte vorhersehen können. Ein kleiner Auszug zeigt, was in den meisten Fällen versichert ist: Sachschäden durch Bedienungsfehler, Konstruktions-, Material- und Ausführungsfehler, Blitzschlag, Sturm, Frost, Brand und Vandalismus.⁹³

Was jedoch nicht versichert wird, sind Abnutzung und Korrosion, Verschleiß, innerer Verderb, Vorsatz, Krieg oder kriegsähnliche Ereignisse sowie die Folgen aus Atomunfällen.⁹⁴

Grundsätzlich kann über die „Allgefahren-Versicherung“ die gesamte WKA, die Umgebung des Windparks und auch eigene Umspannwerke versichert werden. Je nach Verhandlung mit der Versicherung können natürlich auch weitere Bauteile in die Vertragsbedingungen mit aufgenommen oder ausgeschlossen werden.

Die meisten Versicherungen allerdings stellen diese Form der Versicherung nur dann zur Verfügung, wenn die WKA über einen vollständigen Wartungsvertrag verfügt, die alle herstellerbezogenen Anforderungen erfüllt. Gibt es keinen solchen Wartungsvertrag, besteht zwar trotzdem die Möglichkeit einer „Allgefahren-Versicherung“, man sollte nur bedenken, dass hier die Versicherungsprämien ein Vielfaches höher sind als mit Wartungsvertrag.

Eine weitere Möglichkeit, sich zu versichern, bietet die „Ertragsausfallversicherung“.

Wie der Name schon erahnen lässt, kommt dieser Versicherungstyp dann zur Geltung, wenn z. B. einer Betriebsunterbrechung in Folge eines Sachschadens entsteht. Voraussetzung dafür ist ein Schaden an einer Anlage, welche durch eine „Allgefahren-Versicherung“ abgedeckt ist. Des weiteren können Ertragsausfälle und Sachschäden an fremden Umspannwerken gegen Prämienzuschlag mitversichert werden.

⁹³ Vgl. Staab, 2013, S. 120-123.

⁹⁴ Vgl. <http://www.wahler-versicherungsmakler.de/allgefahren-versicherung.htm>

Entnommen am 03.05.2013 um 13:57 Uhr

Nicht wirksam wird die Versicherung zum Beispiel im Falle einer Netzstörung, da hier kein Sachschaden vorliegt. Der Ertragsausfall wird anhand des Ausfallszeitraum und der Produktionsleistung einer anderen WKA im selbigen Windpark ermittelt. Der Betreiber jedoch hat immer die Pflicht der Schadensminderung, was bedeutet, dass er den Unterbrechungszeitraum so gering wie nur möglich halten muss und alles in seiner Macht stehende zu tun hat, die Anlage wieder in Betrieb zu nehmen. Gelingt die Reparatur nicht, weil z. B. zu wenig Geld vorhanden ist oder die Zugangsstraße blockiert oder verwildert ist, so kann die Versicherung den Vertrag anfechten.⁹⁵

Die Haftzeit kann je nach Versicherung bis zu 36 Monate betragen und sollte auch dementsprechend bemessen sein, da die Haftzeit mit der Erkennung des Sachschadens beginnt.⁹⁶

Zum Abschluss sei noch die „Umwelthaftpflichtversicherung“ zu nennen. Sie bietet dem Versicherungsnehmer Schutz für die Haftung nach den Bestimmungen des Umwelthaftungsgesetzes. Sie deckt die Risiken der Unternehmen ab und steht für die Sanierung der Umweltschäden gemäß Umweltschadengesetz ein. Laut den Versicherungsbedingungen sind hier Schädigungen von geschützten Arten und Lebensräumen gemeint. Der Ablauf der Schadensmeldung ist ähnlich der Ertragsausfallversicherung. Sobald ein Schaden entdeckt wurde, muss er unter Einhaltung einer Frist, diese beträgt meist 24 Stunden, sofort der Versicherung gemeldet werden. Gleich nach der Bearbeitung der Versicherung wird ein sogenannter Schadensnachweis verlangt. Entweder kommt dieser von der Firma, die den Schaden repariert hat in Form von Fotos und Arbeitsberichten oder durch ein Gutachten, wenn es sich um einen größeren Schaden handelt.

Um die Stillstandzeiten bei Schäden an der WKA so gering wie möglich zu halten und nicht auf die Analyse/Entscheidung des Versicherungsunternehmens zu warten, ist es sinnvoll, diese mittels Reparatur wieder flott zu bekommen. Die beschädigten Teile können zwischengelagert und danach in Ruhe mit der Versicherung über den Umfang der Erstattung verhandelt werden. Im besten Fall gewinnt man, oder man erhält eine Ablehnung.

Es gibt allerdings noch eine dritte Möglichkeit, hierbei handelt es sich um den bekannten Begriff Teilschaden. Die Reparaturkosten werden in diesem Fall zwar übernommen, gemäß Vertragsbedingungen der Versicherung werden hier jedoch Abschreibungen für Teile mit begrenzter Lebensdauer vorgenommen. Betroffen und in vielen Verträgen fix vereinbart sind hier Anlagenkomponenten, wie Rotorblätter, Getriebe und Lager des Triebstranges, auch die Abschreibungen sind festgehalten (Prozentsatz je Betriebsmonat).⁹⁷

⁹⁵ Vgl. Staab, 2013, S. 121-122.

⁹⁶ Vgl. <https://business.allianz.de/produkte/betriebsunterbrechung/ertragsausfall-versicherung/>

Entnommen am 03.05.2013 um 14:34 Uhr

⁹⁷ Vgl. Staab, 2013, S. 122-123.

Ein weiterer wichtiger Punkt, der berücksichtigt werden sollte, sind die Schadensquoten. Viele Versicherungen bieten bzw. schließen ihre Verträge nur in Verbindung von schadensquotenabhängigen Rabatten ab. Das bedeutet für den Versicherungsnehmer folgendes. Wird eine vereinbarte Schadensquote von z. B. 60 Prozent der Nettoversicherungsbeiträge im Verhältnis zu den ausgezahlten Schäden und der offenen Schadensreserve übertroffen, so kann der Fall eintreten, dass die Versicherung rückwirkend die bereits erstatteten Prämien wieder zurückverlangt. Es besteht jedoch für beide Seiten, also Versicherungsunternehmen und Versicherungsnehmer, die Möglichkeit, den Versicherungsvertrag aufgrund eines Schadens zu kündigen.⁹⁸

⁹⁸ Vgl. Staab, 2013, S. 123.

8 Resümee der Arbeit

Nach Auswertung aller Daten und Recherchen, basierend auf den Ergebnissen von Kapitel 5, ist aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht der Einsatz von Windkraftanlagen (WKA) als erneuerbarer Energielieferant durchaus berechtigt, und, wenn realisierbar, sehr zu empfehlen.

Betrachtet man die Wirtschaftlichkeitsanalyse in Kapitel 5.5.2 und den Vergleich in Kapitel 5.5.4, so steht fest, dass die durch WKA erzeugte Energie der Gemeinde Zistersdorf im Vergleich zu herkömmlichen Energielieferanten kostengünstiger ist und die Gesamtinvestition, auf alle Einwohner verteilt, für jeden einzelnen geringer ausfällt als die monatlichen Stromkosten der Energielieferanten. Es konnte mit diesem Beispiel gezeigt werden, dass die Einwohner beziehungsweise Haushalte theoretisch mit ausreichend Energie versorgt sind und eine grüne Alternative zur Verfügung steht.

Allzu optimistisch darf man im Hinblick auf die Errichtung weiterer WKA in ganz Österreich od. weltweit nicht sein. Es darf nicht außer Acht gelassen werden, dass hierzu viele wichtige Faktoren eine Rolle spielen, um solch ein Großprojekt realisieren zu können.

An erster Stelle kann die Standortwahl genannt werden. Wie auf der österreichischen Windkarte zu sehen ist (Abb. 18 u. Abb.19), gibt es nur wenige Teile in Österreich, in denen es sich lohnen würde, eine WKA zu errichten. Das Windpotenzial, über das Jahr gerechnet, ist ausschlaggebend, ob Investoren, hier sind Banken sowie Einwohner einer Gemeinde gleichermaßen zu nennen, einen Anreiz sehen, ihr Geld zu investieren.

Ein weiterer wichtiger Faktor, ob ein solches Projekt überhaupt zu Stande kommt, ist das gemeinsame Interesse der Gemeinde. Nur wenn sich eine große Anzahl an Bürgern beteiligen, ist solch eine Investition überhaupt realisierbar und für jeden einzelnen günstiger als herkömmliche Energie. Die vermutlich einfachste Möglichkeit, um alle Interessen und die Abwicklung eines solchen Projektes auf einen gemeinsamen Nenner zu bringen, ist die Gründung einer Energiegenossenschaft, die den gesamten Ablauf steuert.

Als letzter wichtiger Faktor sind die Energiespeicher, wie in Kapitel 4 ausführlich erläutert, zu nennen. Sie spielen vor allem in Teilen der Welt, in denen wenig bzw. unregelmäßig Wind zur Verfügung steht, eine wichtige Rolle. Gerade hier täte man gut daran, diese Technologie weiter zu entwickeln, um den Ausbau der WKA weltweit vorantreiben zu können.

Zusammenfassend betrachtet, sehe ich der Zukunft erneuerbarer Energien mittels WKA positiv entgegen. Die Technologie ist vorhanden, und es bildet sich ein immer größerer Industriezweig, welcher Wettbewerbe und schließlich günstigere Anlagen nach sich ziehen wird. Verglichen mit der Weltbevölkerung, greifen heutzutage noch zu wenige Haushalte auf erneuerbare Energien zurück. Gründe hierfür sind die hohen Bau- und Instandhaltungskosten, die fehlenden Förderungen, die schlechten Speichermöglichkeiten und die noch nicht ganz ausgereifte Technologie. Die Stromerzeugung von WKA unterliegt starken Schwankungen, und die daraus gewonnene Energie ist daher schwer über einen bestimmten Zeitraum sicher zu stellen. Doch der Klimawandel und die daraus resultierenden Naturkatastrophen sowie die technologische Weiterentwicklung werden dazu beitragen, die Menschheit von der Verwendung erneuerbaren Energien zu überzeugen. Denn mit der ökologischen CO₂-neutralen Stromerzeugung wird nicht nur ein wichtiger Beitrag zur Erreichung der klimapolitischen Ziele gesetzt, es wird auch ein ausbaufähiges Fundament für saubere und nachhaltige Energie für die nächste Generation geschaffen.

Literatur

- [GAS96] Gasch, Robert: Windkraftanlagen, Stuttgart, B. G. Teubner 1996
- [HAN97] Hanus Bo: Das große Anwenderbuch der Windgeneratoren Technik, Feldkirchen, Franzis-Verlag 1997
- [HAU08] Hau, Erich: Windkraftanlagen-Grundlagen, Technik, Einsatz, Wirtschaftlichkeit, Berlin Heidelberg, Springer Verlag 2004
- [HEI06] Heier Siegfried: Windkraftanlagen im Netzbetrieb, Stuttgart, Teubner Verlag 1996
- [HEY95] Heymann Matthias, Die Geschichte der Windenergienutzung, Frankfurt/Main, Campus Verlag 1995
- [JAR09] Jarass Lorenz, M. Obermair Gustav, Voigt Wilfried: Windenergie, Zuverlässige Integration in die Energieversorgung, Berlin Heidelberg, Springer 2009
- [KAL06] Kaltschmitt Martin; Streicher Wolfgang; Wiese Andreas: Erneuerbare Energien, Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte, Berlin Heidelberg, Springer 2006
- [KLÄ12] Kläre Martina: Erneuerbare Energien unterstützt durch GIS und Landmanagement, Berlin, Wichmann 2012
- [POP10] Popp Matthias: Speicherbedarf bei einer Stromversorgung mit erneuerbaren Energien, Berlin Heidelberg 2010
- [STA13] Staab, Jürgen: Erneuerbare Energie in Kommunen, Wiesbaden, Springer Gabler 2013
- [TAC04] Tacke, Franz: Windenergie, Die Herausforderung, Frankfurt am Main, VDMA Verlag 2004

<http://www.effiziente-energiesysteme.de> entnommen am 10.03.2013 um 18:17 Uhr.

http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/umwelt/oeko-steuern/index.html entnommen am 27.03.2013 um 17:19 Uhr

http://www.igwindkraft.at/?mdoc_id=1014571 entnommen am 27.03.2013 um 17:47 Uhr

www.statistik.at Pdf „Modellierung des Stromverbrauchs in den privaten Haushalten“ S.20 Tab. 5 entnommen am 01.04.2013 um 10:16 Uhr

http://www.statistik.at/web_de/statistiken/bevoelkerung/volkszaehlungenregisterzaehlungen/index.html entnommen am 02.04.2013 um 11:28 Uhr

<http://www.igwindkraft.at/redsystem/mmedia/2012.06.04/1338818183.pdf> entnommen am 02.04.2013 um 12:30 Uhr

http://www.igwindkraft.at/?mdoc_id=1000165 entnommen am 02.04.2013 um 12:41 Uhr

http://www.igwindkraft.at/?mdoc_id=1000165 entnommen am 02.04.2012 um 13:21 Uhr

<http://www.igwindkraft.at/redsystem/mmedia/2004.12.16/1103205575.pdf> entnommen am 02.04.2013 um 14:16 Uhr

<http://www.renewable-energy-concepts.com/german/windenergie/wind-basiswissen/kalkulator-windkraft-berechnen.html> entnommen am 02.04.2012 um 15:15 Uhr

<https://durchblicker.at/strom/vergleich/ergebnis#d0573639d420d924b8c5c56b7b731125b0c170bd> entnommen am 28.05.2013 um 13:09

http://www.repoweringkommunal.de/fileadmin/user_upload/upload/Schallwkaluanrwgeraeschesverhalten.pdf entnommen am 07.04.2013 um 13:35 Uhr

<http://www.umweltbundesamt.de/laermprobleme/publikationen/talaerm.pdf> entnommen am 07.04.2013 um 13:49 Uhr

http://www.tuev-nord.de/cps/rde/xbcr/tng_de/8_Seeburg.pdf

entnommen am 11.04.2013 17:04 Uhr

<http://www.renewable-energy-concepts.com/german/windenergie/windbasiswissen/schattenwurf-schlag-kernschatten.html> entnommen am 13.04.2013 um 09:49 Uhr

<http://www.energieatlas.bayern.de/file/pdf/1099/Erl%C3%A4uterung%20zur%20Schattensimulation%20von%20Windkraftanlagen.pdf> entnommen am 13.04.2013 um 10:04

<http://www.energieatlas.bayern.de/file/pdf/1099/Erl%C3%A4uterung%20zur%20Schattensimulation%20von%20Windkraftanlagen.pdf> entnommen am 13.04.2013 um 10:20Uhr

<http://www.energieatlas.bayern.de/file/pdf/1099/Erl%C3%A4uterung%20zur%20Schattensimulation%20von%20Windkraftanlagen.pdf> entnommen am 13.04.2013 um 10:55

http://bergenhusen.nabu.de/imperia/md/images/bergenhusen/windkraft_endbericht.pdf entnommen am 20.04.2013 um 12:37 Uhr

http://bergenhusen.nabu.de/imperia/md/images/bergenhusen/windkraft_endbericht.pdf entnommen am 20.04.2013 um 13:11 Uhr

http://bergenhusen.nabu.de/imperia/md/images/bergenhusen/windkraft_endbericht.pdf entnommen am 20.04.2013 um 13:54 Uhr

http://genos.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/genossenschaftswesen/Genos/bd25.pdf entnommen am 02.05.2013 um 13:14 Uhr

<http://www.oekb.at/de/exportservice/finanzieren/projekt-und-strukturierte-finanzierungen/seiten/default.aspx> entnommen am 03.05.2013 um 11:13 Uhr

<http://www.daswirtschaftslexikon.com/d/projektfinanzierung/projektfinanzierung.htm> entnommen am 03.05.2013 um 11:27 Uhr

<http://www.wahler-versicherungsmakler.de/allgefahren-versicherung.htm> entnommen am 03.05.2013 um 13:57 Uhr

<https://business.allianz.de/produkte/betriebsunterbrechung/ertragsausfall-versicherung/> entnommen am 03.05.2013 um 14:34 Uhr

Anlagen

Finanzierungsangebot Raiffeisen Bank.....	S. 82
---	-------

Anlagen, Finanzierungsangebot Raiffeisen Bank

**Raiffeisen in Wien
Meine BeraterBank**



Die Finanzierungskomponente würde ich - ohne das Projekt im Detail zu kennen - folgendermaßen strukturieren:

EK Quote (bzw. nachrangiges Gesellschafterdarlehen): 0%
Kreditlaufzeit: 12-13 Jahre
Pauschal- oder Kapitalraten
Kalkulationszinssatz 4,5-5%
DSRA iHv Tilgung des darauffolgenden Jahres bis zu Schuldendienst des darauffolgenden Jahres
MRA nach Maßgabe des technischen Gutachters wenn kein Vollwartungsvertrag abgeschlossen wird

Umsatzplanung:

Tarif ist auf 13 Jahre fix; danach konservative Marktpreiseinschätzung (aktuelle Preis siehe e-control)

Kostenplanung:

sind an sich auch sehr leicht abschätzbar, da zumeist bereits Angebote vorliegen;
wichtigster Kostenpunkt - Wartung

Systemdienstleistungsentgelt
Netzdienstleistungsentgelt
Eigenverbrauch
Wartung
Technische Betriebsführung
Kaufmännische Betriebsführung
Grundstückspacht
Versicherung
Steuer und Rechtsberatung
Büro und Verwaltungsaufwand
Miete Büro
Abschreibung auf 15/16 Jahre
Dotierung RückbauRSt

4-5,5% erscheint im Durchschnitt über die Tariflaufzeit nicht unplausibel.
Insbesondere die Wartungskosten steigen aber sehr stark im Zeitablauf.

**Raiffeisenlandesbank
Niederösterreich-Wien**
RAIFFEISENLANDESBANK NIEDERÖSTERREICH-WIEN AG
TAL. 05 1730-65600 DVB: 0031585
E.K.Z. RLV (e) r l d e t a p
A-1230 Wien, Breitenfurter Str. 373



Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Wien, Juli 2013



Marco Dollmann